

Глеб Сенкевич

ИСКУССТВО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАННЫХ

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»

2011

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2
С31

Сенкевич Г. Е.

С31 Искусство восстановления данных. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 304 с.: ил. — (Аппаратные средства)
ISBN 978-5-9775-0618-2

Книга охватывает практически все аспекты восстановления информации с цифровых носителей: жестких дисков, массивов RAID, флеш-накопителей, дисков SSD, SIM-карт и лазерных дисков. Подробно рассмотрены принципы хранения и логическая организация данных на различных носителях, причины потери информации. Даны практические рекомендации по надежному хранению данных и профилактике сбоев. Показаны основные приемы извлечения данных в различных ситуациях. Описаны более 20 популярных программ для восстановления информации и диагностики накопителей.

Для широкого круга пользователей ПК, начинающих системных администраторов, мастеров по ремонту и обслуживанию ПК

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Игорь Шишигин</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Компьютерная верстка	<i>Ольги Сергиенко</i>
Корректор	<i>Зинаида Дмитриева</i>
Дизайн серии	<i>Инны Тачиной</i>
Оформление обложки	<i>Елены Беляевой</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 30.11.10.

Формат 70×100¹/₁₆. Печать офсетная. Усл. печ. л. 24,51.

Тираж 1500 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию № 77.99.60.953.Д.005770.05.09 от 26.05.2009 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП "Типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

ISBN 978-5-9775-0618-2

© Сенкевич Г. Е., 2010
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2010

Оглавление

Глава 1. Технологии хранения данных	7
«Физика» и «логика».....	7
Магнитная запись.....	9
Оптические носители.....	12
Физическое устройство лазерных дисков	13
Надежность оптических дисков	15
Полупроводниковые носители.....	17
Эффект вспышки.....	18
Карты памяти.....	19
Флеш-диски USB.....	22
Устройства SSD.....	23
Надежность полупроводниковых носителей	24
«Контрольная сумма»	26
Глава 2. Логика хранения данных	27
Двоичные, или HEX-редакторы.....	27
Редактор Hexplorer.....	28
Редактор WinHex.....	31
Разделы	32
Главная загрузочная запись и таблица разделов	32
GPT — таблица разделов GUID.....	38
Лабораторная работа № 1	41
Файловые системы FAT	45
Файловая система NTFS.....	51
Файловые системы EXT2 и EXT3	52
Файловые системы лазерных дисков	55
Структура файлов	61
«Контрольная сумма»	66
Глава 3. Способы надежного хранения информации	67
Резервное копирование	68
Простейшая автоматизация.....	68
Стандартные средства Windows	69

Специализированные программы.....	72
Способы резервного копирования.....	74
Дисковые массивы (RAID).....	77
Принципы RAID.....	77
Уровни RAID.....	80
SMART.....	83
«Контрольная сумма».....	86
Глава 4. Причины и виды потерь информации	87
Аппаратные проблемы	87
Физические повреждения носителей.....	87
Невозможность считывания данных	89
Интерпретация физических секторов.....	91
Нарушения логической структуры данных	92
Причины и механизмы	92
Потерянные кластеры	94
Способы решения проблем	96
Случайное удаление данных	97
Корзина.....	98
Удаление файлов в FAT	98
Удаление файлов в NTFS	99
Удаление разделов	100
Моделирование проблем	101
«Контрольная сумма»	103
Глава 5. Организация извлечения и восстановления данных	104
Оборудование и средства	104
Рабочее место и инструменты.....	105
Программаторы и программно-аппаратные комплексы.....	108
Рабочий компьютер	111
Загрузочные диски и LiveCD	113
Тактика извлечения данных	115
Диагностика проблемы.....	116
Получение доступа к носителю	116
Создание образов и дубликатов носителей.....	116
Реконструкция разделов и файловых систем.....	120
Извлечение «сырых» данных	128
Восстановление информации внутри файлов.....	132
«Контрольная сумма»	133
Глава 6. Автоматическое и ручное восстановление	134
Средства автоматического восстановления.....	134
EasyRecovery.....	135
Программа GetDataBack for NTFS.....	140
EASEUS Data Recovery Wizard	144
Приемы восстановления вручную	148
Восстановление таблицы разделов.....	149
Поиск и восстановление отдельных файлов	151
«Контрольная сумма»	153

Глава 7. Восстановление данных с жестких дисков	154
Устройство и принцип работы винчестера.....	154
Гермоблок.....	155
Плата электроники.....	158
Микропрограмма винчестера.....	159
Диагностика и устранение аппаратных неисправностей.....	162
Замена платы электроники.....	167
Ремонт платы электроники.....	170
Операции внутри гермоблока	170
Программная диагностика винчестера.....	177
Программа MHDD	177
Программа Victoria	185
PC-3000 Disk Analyzer	186
Работа с терминалом.....	188
Дублирование проблемного диска	197
Создание образов и дублирование дисков	198
HD Duplicator.....	198
Miray HDClone.....	201
«Контрольная сумма»	204
 Глава 8. Восстановление данных с массивов RAID.....	206
Повреждение и разрушение массива.....	206
Повреждение массива.....	207
Разрушение массива.....	207
Методы восстановления RAID	208
Программы для работы с массивами	209
R-Studio и RAID	209
Программа File Scavenger.....	212
Runtime RAID Reconstructor	217
Частные случаи восстановления.....	222
Работа с поврежденным массивом	222
Работа с разрушенным массивом	222
Извлечение данных из RAID 0.....	223
«Контрольная сумма»	223
 Глава 9. Восстановление данных с флеш-накопителей	224
Устройство и ремонт флеш-дисков USB	224
Диагностика полупроводниковых накопителей.....	225
Механические повреждения.....	227
Неисправности стабилизатора и обвязки.....	228
Неисправности контроллера	230
Особенности логической организации флеш-дисков	231
Программа Flashnul.....	233
Восстановление данных с карт памяти	238
Восстановление контактов.....	238
Картридеры.....	239
Извлечение информации с карт памяти и их образов.....	240
Утилиты F-Recovery.....	240
Программа Smart Flash Recovery	241
Программа ObjectRescue Pro.....	243

Восстановление содержимого флеш-памяти плееров и камер	246
«Контрольная сумма»	248
Глава 10. Восстановление данных с дисков SSD	249
Устройство твердотельных накопителей	249
Особенности логической структуры SSD-дисков	252
Страничная организация SSD	252
Проблема TRIM	253
Встроенные SSD нетбуков	254
Тактика и практика восстановления данных со встроенных дисков	255
Аппаратные неисправности нетбука	255
Критический сбой ОС	255
Повреждение логической структуры диска	257
«Контрольная сумма»	257
Глава 11. Восстановление данных с SIM-карт.....	258
Архитектура SIM-карты	258
Хранение данных в SIM-карте	259
Устойчивость и безопасность	261
Причины отказов.....	262
Устройства для считывания SIM-карт	263
Программа Data DoctorRecovery — SIM Card.....	266
Утилиты Dekart	268
Dekart SIM Manager	268
Dekart SIM Explorer.....	269
«Контрольная сумма»	271
Глава 12. Восстановление данных с лазерных дисков	273
Диагностика.....	273
Получение доступа к проблемному диску	274
Устранение дефектов поверхности.....	275
Выбор привода	282
Чтение дисков с поврежденной нулевой дорожкой	284
Программы для работы с лазерными дисками.....	287
ISO Buster.....	287
CDRoller	294
AnyReader	297
Восстановление данных из образа.....	299
«Контрольная сумма»	300
Заключение	301
Предметный указатель	302

ГЛАВА 1



Технологии хранения данных

Скорее всего, эту и следующую главы в первый раз вы «пробежите глазами по диагонали», и поступите совершенно правильно! Практика изложена дальше, а здесь собрана в основном «теория». Правда, она перемежается совершенно конкретными практическими выводами.

Жизнь показала — программами для автоматического восстановления данных можно пользоваться даже без четкого представления о том, что такое файл или раздел на диске. Достаточно, что в это вникали программисты, написавшие для вас приложения с интуитивно понятным интерфейсом. Тем не менее, теория — штука полезная! Во всяком случае, она помогает отчасти понимать происходящее. Иногда теория позволяет из двух похожих кнопок выбирать как раз ту, какую нужно, не говоря уже о «втыкании кабелей в правильные разъемы»!

«Физика» и «логика»

Вся информатика сводится к четырем основным процессам: вводу/выводу, хранению, обработке и передаче данных. Повсюду, где речь заходит о хранении и восстановлении данных, обязательно упоминаются *логический* и *физический* (аппаратный) уровни. Попробуем разобраться, что кроется за этими понятиями сегодня.

Логическая структура — то, что драйверы стандартных устройств (дисков) предъявляют операционной системе. В общем случае эта структура состоит из дисков (разделов, томов), файловой системы и папок (каталогов) с файлами.

На заре компьютерной эры все было очень просто. С точки зрения операционной системы диск — всего лишь последовательность байтов. Для удобства их принято группировать в блоки фиксированной длины. В определенном месте такой последовательности (в файловой системе) содержатся сведения о том, где следует искать те или иные файлы. Назовем это *логическим* представлением или уровнем (рис. 1.1).

Практически так же информация когда-то была расположена и на самих носителях. Разметка таких древностей, как дискеты или винчестеры емкостью 10 мегабайт

(это не оговорка — о гигабайтах тогда даже не мечтали), действительно соответствовала их логической структуре. Например, каждая сторона дискеты 3,5" несла на себе 80 дорожек, каждая из 18 секторов по 512 байтов. Первый сектор нулевой дорожки хранил главную загрузочную запись с идентификатором диска и сведениями о его разметке, следующие 32 сектора занимала таблица размещения файлов (FAT), а дальше шли файлы.

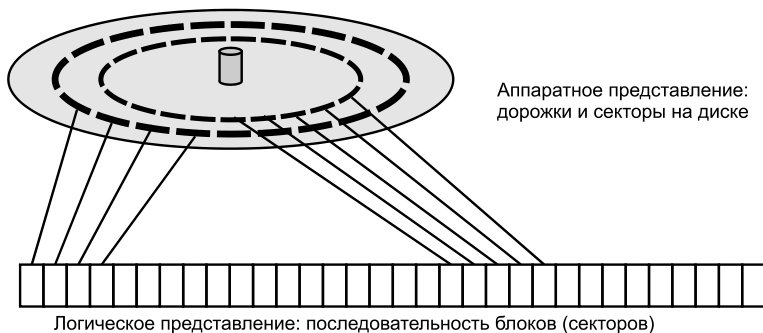


Рис. 1.1. Дорожки диска развернуты в линейную последовательность

На новом диске «аппаратно» присутствовали только метки, позволяющие правильно позиционировать головки на его поверхности, а дорожки и секторы при каждом полном форматировании размечались заново. Для архаичных носителей выражения о «низкоуровневом форматировании» или «исправлении дефектов поверхности» имели почти буквальный смысл.

Однако жизнь вскоре внесла в эту простую и очевидную схему свои поправки. Перед производителями всегда стоят минимум три задачи: увеличить емкость, повысить скорость чтения/записи и при этом сделать устройства хранения данных достаточно надежными. Следует помнить и о прокрустовом ложе стоимости. По большому счету — требования взаимоисключающие!

В результате в любом современном устройстве хранения (винчестере, SSD-диске или флеш-диске USB) информация записана вовсе не так, как представляется со стороны его внешнего интерфейса. Внутренние контроллеры, точнее, их микропрограммы, в процессе чтения/записи выполняют сложные преобразования. На пластинах винчестера или в ячейках полупроводниковой памяти фрагменты данных распределены так, чтобы обеспечить максимальную скорость доступа к ним. Кроме того, производится кодирование и частичное дублирование — они повышают плотность записи и позволяют в какой-то мере корректировать ошибки внутри самого накопителя.

Такие алгоритмы каждый производитель разрабатывает для себя, совершенствуется от модели к модели, и, как правило, держит в строгом секрете. Устройство становится типичным «черным ящиком». С уверенностью можно сказать только одно — если мы отправили через стандартный интерфейс (IDE, SATA, SCSI, USB) какие-то данные на запись, потом они должны будут прочитаться через этот интерфейс в неизмененном виде. Если, конечно, где-то не произойдет сбой...

Микропрограмма контроллера считывает информацию с физического носителя порциями, раскодирует ее, собирает в блоки гораздо большего размера и выдает во внешний интерфейс. Если повреждена даже малая часть данных, как правило, следует сообщение об ошибке всего блока. Таким образом, «секторы» или блоки, к которым обращается операционная система, имеют очень мало общего с действительной организацией данных внутри винчестера или «флешки».

Утилиты для восстановления данных в ряде случаев способны обойти эту проблему. Создавая образ диска, такие программы пытаются получить более точные и полные копии поврежденных блоков. Наилучшими возможностями в этом отношении обладают специальные аппаратно-программные комплексы. При обращении к дисководам они могут использовать сервисные команды, специфичные для конкретных серий и моделей накопителей. В ответ накопитель выдает вместо кодов ошибки содержимое блоков, недоступных при чтении обычным методом.

Механические носители (перфокарты и перфоленты) канули в небытие еще в конце 80-х годов прошлого столетия. Из всех способов записи информации в наши дни актуальны три: магнитный, оптический и электронный. Для начала обсудим аппаратную часть накопителей с точки зрения эксплуатации и надежности.

Магнитная запись

Принцип магнитной записи начали применять для хранения информации одним из первых. Он остается наиболее популярным и до сих пор — жесткий диск установлен практически в любом компьютере. Из других устройств на основе магнитной записи упомянем дисководы гибких дисков (дискет), ленточные накопители (стримеры), диски и приводы Iomega ZIP и Iomega Jaz, а также магнитооптические диски с дисковыми дорожками.

Последние три типа устройств сегодня представляют в основном исторический интерес. Хотя когда-то им прочили большое будущее, массовыми они так и не стали. Для ношения в карманах удобнее и намного дешевле оказались перезаписываемые оптические диски, а потом и флеш-диски. Повсюду, где магнитооптика и диски ZIP или Jaz использовались для хранения архивных данных, эти архивы либо совершенно утратили актуальность, либо были вовремя перенесены на винчестеры или диски CD/DVD.

О дискетах, скорее всего, тоже пора забыть. В 2010 году компания Sony последней среди крупных производителей объявила, что она прекращает выпуск гибких дисков. Из-за низкой надежности дискетам давно уже перестали доверять что-либо ценное, и данные с них едва ли кому-то понадобится восстанавливать.

Зато технология записи на магнитную ленту оказалась на удивление живучей. Сменилось как минимум семь основных поколений стримеров и ленточных картриджей для них. Последние предложения компаний IBM и FujiFilm в этой области датируются 2010 годом. Спецификация LTO-5 предусматривает хранение до 1,5 Тбайт данных на одной кассете при скорости обмена до 180 Мбайт/с. Однако стримеры по-прежнему обитают лишь в крупных дата-центрах, а за их пределами считаются настоящей экзотикой.

Так что на нашу долю остаются в основном жесткие диски. Восстанавливать информацию приходится чаще всего с винчестеров — ведь вопреки умным советам большинство пользователей, если и делают резервные копии данных, то сохраняют их на том же диске, где лежат оригиналы!

Винчестеры довольно надежны. На рынке осталась лишь «большая пятерка» производителей жестких дисков: Seagate, Western Digital, Hitachi, Samsung и Fujitsu. Нет смысла сравнивать качество их изделий — оно находится примерно на одном уровне. Правильнее говорить о сравнении конкретных моделей. Каждый из производителей выпускает несколько линеек продуктов и позиционирует одни серии как винчестеры «общего назначения», «бюджетные», другие — как модели «улучшенной производительности», а третьи — «повышенной стабильности», «серверные». К сожалению, и продавцы, и покупатели редко обращают внимание на такие мелочи — для этого надо хоть изредка читать те материалы, которые производители регулярно публикуют на своих сайтах!

Очень простой и наглядный показатель надежности — гарантийный срок от производителя. Хотя эти данные не афишируются, для партии винчестеров в течение всего срока гарантии нормой считается до 3 % отказов. Гарантия на разные модели составляет от 24 до 60 месяцев. Выводы делайте сами!

Есть и более строгие характеристики.

- ❑ Ежегодный процент отказов — Annualized Failure Rate (AFR). Типичные значения: от 0,2 до 0,75 %.
- ❑ Среднее время наработки между отказами — Mean Time Before Failure (MTBF). Это расчетный срок, по истечении которого изделие с большой вероятностью должно выйти из строя. Обычно он составляет от 600 000 до 1 200 000 часов. Даже при непрерывной работе это сотни лет. Много? Учтите, что за это время винчестер буквально *обязан сломаться!*

ПРИМЕЧАНИЕ

Значения AFR и MTBF обязательно приводят для винчестеров повышенной надежности и стабильности. Если в технической документации эти параметры скромно опущены — перед вами, скорее всего, модель из «бюджетной» серии.

Как всякое электромеханическое устройство, винчестер изнашивается в основном во время работы. Естественное старение выключенного диска нельзя совсем сбросить со счетов, но его роль мала. При расчете надежности производители исходят из режима работы 8/5 (по 8 часов 5 дней в неделю, что типично для настольных систем) или 24/7 (непрерывная работа — серверы).

Износ продолжается, пока вращается шпиндель. Интенсивность чтения/записи влияет на срок службы незначительно. Современные ОС обращаются к диску и при простоях компьютера (дефрагментация, индексирование и т. п.), а микропрограмма винчестера периодически выполняет его тестирование и термокалибровку.

Любой технике вредят переходные процессы при ее включении-выключении. Каждый «холодный старт» можно приравнять к нескольким часам работы в установившемся режиме! Парковка головок и остановка шпинделя командами АТА действуют «мягче», чем полное выключение питания, но и такой цикл срок жизни

винчестеру не прибавляет. Отключение диска при бездействии компьютера, как это сделано по умолчанию в настройках Windows (**Панель управления | Электропитание | Настройки плана электропитания | Изменить дополнительные параметры питания**), нельзя назвать хорошей идеей. Это задумано исключительно для экономии энергии, и полезно лишь для ноутбуков.

Дисководы очень боятся ударов и вибрации. Фразу о том, что «допустимое ускорение составляет столько-то G за столько-то миллисекунд», следует понимать лишь как «скорее всего, выдержит». На практике это лучше не проверять! Ориентироваться на цифры предельного ускорения уместно при выборе и сравнении разных моделей: эта более, а эта менее «ударопрочная».

Жизнь показала, что средней силы удар кулаком по системному блоку или падение его на твердую поверхность с высоты пяти сантиметров — реальная опасность для работающего в нем жесткого диска. Ничуть не лучше удар сорвавшейся отверткой по корпусу винчестера — амплитуда вроде бы очень мала, но ударное ускорение достигает тех же критических величин.

Оптимальная температура корпуса винчестера лежит в пределах от 30 до 40 °C. В документации обычно говорят о температуре воздуха от 0 до +60 °C, но это уже предельные значения. Считается, что повышение температуры корпуса на каждые 15–20 °C сверх нормальной сокращает средний срок службы диска вдвое.

В стандартном компьютерном корпусе винчестер плотно зажат в корзине, и ее стенки служат теплоотводом. В более дорогие корпуса диски нередко вставляются на пластмассовых салазках и даже подвешиваются на амортизаторах. Вибро- и шумоизоляция полезны во всех отношениях, но тогда стоит задуматься и об охлаждении.

Принудительный обдув винчестеров рекомендуется, особенно если в компьютере их установлено несколько. В продаже имеются поддоны с вентиляторами, которые крепятся на винчестер со стороны платы (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Вентилятор с креплением на винчестере

При всей простоте это заведомо проигрышное решение! Во-первых, вибрация от кулеров передается прямо на корпус диска, во-вторых, маленькие вентиляторы недолговечны. Когда они ломаются, такой «охладитель» препятствует даже пассивному охлаждению, и хуже всего приходится плате с контроллерами. Разумнее установить на переднюю или боковую стенку корпуса один большой вентилятор, чтобы он обдувал всю корзину с дисками.

Качество блока питания тоже важно. Броски и провалы напряжения не всегда выводят винчестер из строя, но резко повышают риск потери информации во время записи.

От отключений электросети не спасает даже лучший блок питания. «Жесткое» выключение компьютера всегда чревато незавершенными транзакциями на дисках. То, что аварийные отключения питания способны как-то повлиять на аппаратную исправность современных винчестеров — сказки из области «страшилок». Проблема совершенно в другом — в появлении логических ошибок, если отключение произошло в момент записи.

Скорее всего, установка источника бесперебойного питания будет разумной платой за сохранность данных. Однако без подключения интерфейсным кабелем, установки и настройки соответствующего ПО на компьютере, толк от ИБП невелик. Если бесперебойник работает сам по себе, то нужен пользователь, который услышит противный писк сигнализации и корректно завершит работу системы. Иначе, когда «сядут» аккумуляторы, произойдет то же самое аварийное выключение компьютера.

Оптимальное решение — подключить ИБП к компьютеру через порт USB и установить одну из программ мониторинга источника и управления питанием. При переходе на резервное питание она вскоре переведет компьютер в спящий режим или корректно завершит его работу с сохранением открытых документов. Известный пример подобных программ — семейство PowerChute от компании APC (www.apc.com).

Оптические носители

Привод лазерных дисков все еще остается неизменным атрибутом персонального компьютера, а о стаже компьютерщика часто судят по залежам дисков вокруг его рабочего места. На «штампованных» лазерных дисках издают всевозможные медиаматериалы и дистрибутивы программ. Подобную информацию вряд ли стоит восстанавливать — она не уникальна, всегда можно или найти другой экземпляр, или отыскать то же самое в Интернете. Однако на записываемых дисках часто остаются действительно ценные данные: архивы документов, фото и видео! Автора как-то попросили извлечь с CD-R свадебные фотографии десятилетней давности — других копий молодожены не сделали.

Физическая и логическая структура лазерных дисков детально описана в открытых стандартах и спецификациях. Первые из них называли по цветам обложек официальных изданий: Orange Book, Red Book и др. Проблема лишь в том, что спецификаций, их расширений и дополнений великое множество — за 30 лет их было разработано около сотни.

Физическое устройство лазерных дисков

Внешне все лазерные диски выглядят одинаково — поликарбонатная пластина диаметром 120 мм и толщиной 1,2 мм, в центре которой находится отверстие диаметром 15 мм. Информация записана на спиральной дорожке, идущей от центра к периферии.

На «штампованных» дисках дорожку образуют впадины и выступы, выдавливаемые на поверхности пластины нагретой матрицей. Затем на эту поверхность напыляют алюминиевый отражающий слой, а его покрывают защитным лаком.

Записываемые и перезаписываемые диски («болванки») несут на верхней стороне пластины тонкий записываемый слой (рис. 1.3). В дисках однократной записи он состоит из органического красителя, необратимо изменяющегося под воздействием мощного лазерного луча, а в перезаписываемых дисках пленка специального сплава меняет свою отражающую способность в зависимости от условий нагрева и остывания.

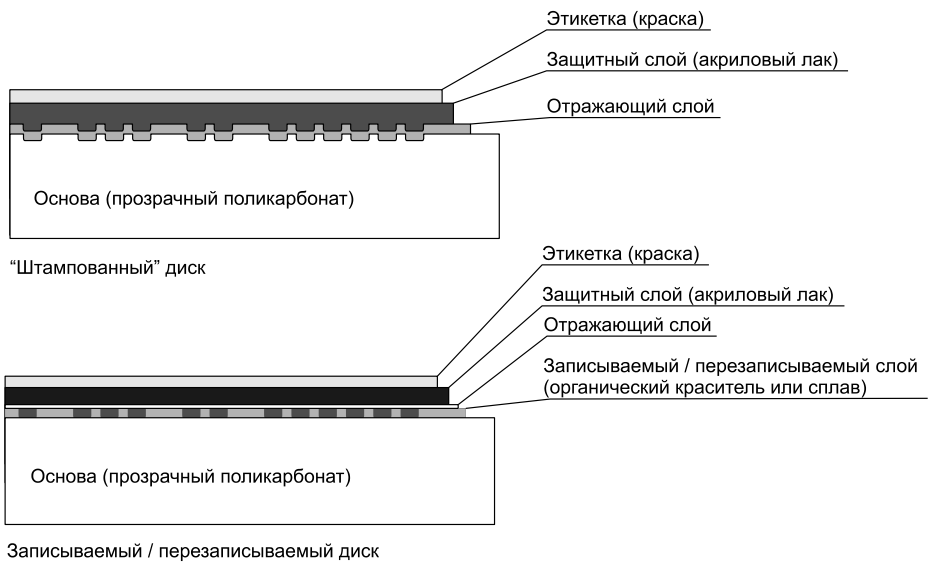


Рис. 1.3. Слои лазерных дисков

Все многообразие физических видов лазерных дисков проще изобразить в виде схемы (рис. 1.4). Кроме того, диски DVD бывают односторонними и двухсторонними. Например, двухсторонний двухслойный диск содержит четыре отражающих слоя. Пока эта книга готовится к печати, список может дополниться еще несколькими позициями — спецификации Blu-ray продолжают развиваться.

Удивительно, но все эти разновидности, самой старой из которых 30 лет, а последней всего 4 года, мирно сосуществуют. Музыкальные диски CD-ROM продаются рядом с DVD-ROM и Blu-ray, а в любом магазине вы встретите записываемые и перезаписываемые болванки любых видов! Мы не упомянули лишь диски HD DVD — тихо проиграв войну с Blu-ray, они так и не вышли на широкий рынок.

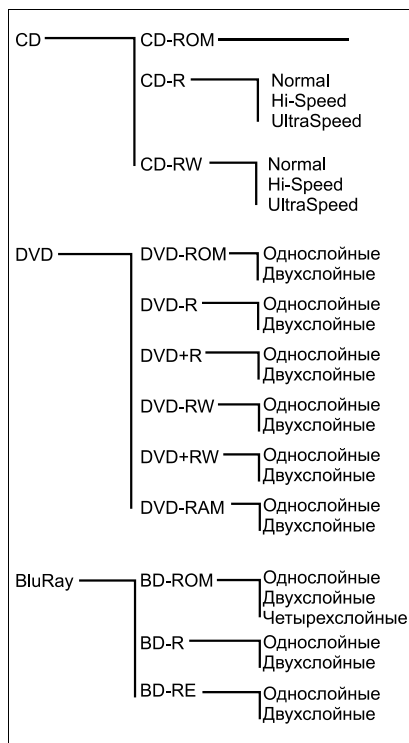


Рис. 1.4. «Родословная» лазерных дисков

Подобный «зоопарк» создает производителям приводов определенные сложности — каждая из спецификаций должна поддерживаться на чисто аппаратном уровне. Для работы с диском определенного вида нужна соответствующая длина волны лазера, мощность и диаметр сфокусированного луча, скорость вращения шпинделя, а также алгоритм юстировки и калибровки, заложенный в прошивку привода.

При работе с двухслойными дисками лазер должен выборочно фокусироваться на каждом из слоев. Отражающие слои двухстороннего диска расположены примерно посередине его толщины и оказываются гораздо ближе к линзе, чем слои одностороннего диска. В отличие от CD-R/RW скоростные характеристики DVD R/RW явно не оговариваются, но не все приводы способны работать с наиболее новыми болванками. Если диск рассчитан на большую скорость записи, приводу может элементарно не хватать мощности лазера.

Сведения о поддержке разных типов дисков занесены в прошивку привода. Просмотреть их позволяют диагностические утилиты, например, Everest или Nero Info Tool из пакета Nero (рис. 1.5). Сведения о приводах отображают и большинство программ для записи дисков (команды меню **Информация о приводе** или **Drive Info**). Каждому пользователю интересно, какими болванками дисковод «кормить» можно, а какими даже пробовать не стоит.

Разработчики стремятся к тому, чтобы новые приводы поддерживали бы все существующие на данный момент виды дисков, по крайней мере, могли бы их читать. Однако задача это сложная, и действительно «всеядные» модели — большая редкость.

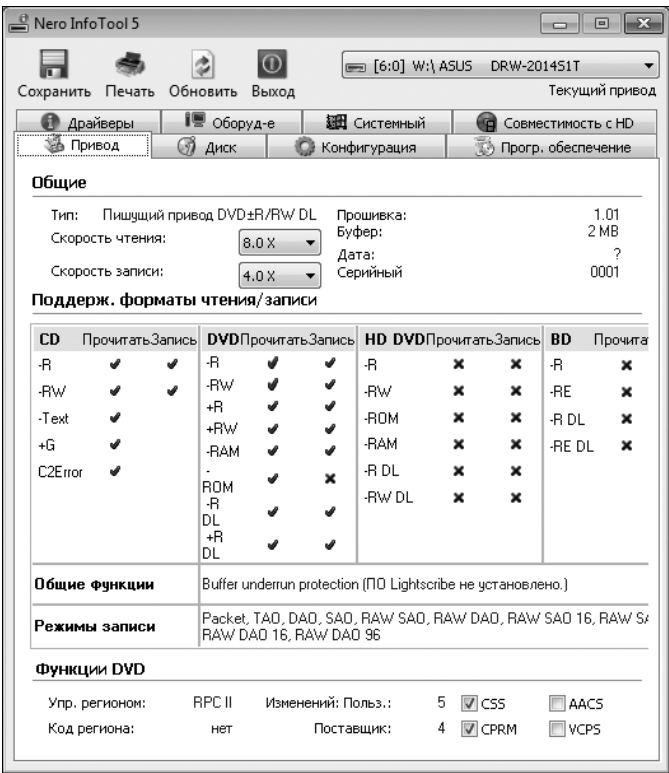


Рис. 1.5. Информация о приводе в окне Nero Info Tool

Надежность оптических дисков

Качество современных приводов DVD — наглядная иллюстрация победы «инфляционной модели мировой экономики». Изготовители дают на них гарантию не более года, а уже в следующем году до четверти изделий выходят из строя. В принципе, этого следовало ожидать — стандарты непрерывно развиваются, и приводы быстро устаревают морально. Так что короткая жизнь дисководов — стимул к покупке новых дисков и новых приводов для них.

Область диска, хранящая данные, ни с чем в приводе механически не контактирует. Даже поломка привода никак не влияет на сохранность информации — достаточно взять другой дисковод. Казалось бы, сами лазерные носители должны жить вечно!

Однако на практике это не так. Даже при идеальных условиях хранения (в жестком кейсе, помещенном в кованный сундук, который установлен на вековой дуб под защитой магии) постепенно происходит химико-физическая деградация слоев диска. Алюминий окисляется, азо-краситель и фталоцианин (диски однократной записи) реагируют с компонентами лака, а в сплаве серебра, индия, сурьмы и теллура (перезаписываемые диски) идет перекристаллизация. Разница в отражающей способности темных и светлых участков дорожки падает, и диск перестает читаться.

Старение материалов ускоряется с ростом температуры. Перезаписываемым дискам категорически противопоказан и мороз! Оптимальная температура хранения и работы — комнатная.

Производители говорят о сроке хранения лазерных дисков от 50 до 100 лет. Верна ли такая экстраполяция экспериментов с искусственно состаренными образцами, мы узнаем в конце нынешнего века. Пока же здравый смысл подсказывает — данные, представляющие интерес для потомков, каждые 5–10 лет желательно дублировать на новые носители. Благо, диски стоят недорого!

Когда-то англичане сделали «моментальный снимок эпохи»: собрали новости, материалы газет и журналов, фоторепортажи и другие актуальные в тот день материалы. Все это записали в нескольких десятках копий на технической новинке — экспериментальном лазерном приводе размером со стиральную машину. Заметим, что до разработки первого стандарта CD-ROM оставалось еще целое десятилетие, и формат записи тоже был экспериментальным! Сорок лет спустя, как и задумывалось, сборник решили переиздать. Диски прекрасно сохранились, но проблема оказалась в другом — где взять привод, способный их прочесть? Те устройства давно уже были разобраны на металлолом... Лишь чудом удалось найти в подвале одного из университетов единственный сохранившийся экземпляр и отремонтировать его!

Покажем три типичных сценария потери данных на CD, DVD или BD. Досадно, что избежать их легко, но пользователи почему-то раз за разом «наступают на одни и те же грабли».

- ❑ Записывая диск, сняли флажок **Проверить записанные данные** (Verify). Трудно назвать программу записи, в которой не было бы такой функции, но из-за спешки ею обычно пренебрегают! Программа честно доложила, что проект успешно записан. Однако ошибки возникли на уровне записываемого слоя диска. Это выяснится лишь при чтении, когда данные вдруг понадобятся снова. Вполне возможно, что к тому времени оригиналы с винчестера уже удалены.
- ❑ Данные записали, тут же добросовестно проверили чтением. Все верно! Вынули диск из лотка, жирно подписали первым фломастером, который попал под руку, и положили на хранение... К сожалению, многие маркеры, особенно «несмываемые», содержат растворители или кислоты, которые проникают через покрытие диска и химически разрушают записываемый или отражающий слой. Тонким фломастером или гелевой ручкой диск можно просто поцарапать. Точечное давление на активный слой перезаписываемых дисков крайне нежелательно, даже если оно не приводит к видимому повреждению лака.
- ❑ Записанный диск спрятали в коробочку или пакет с десятком таких же болванок, а сверху положили что-нибудь тяжелое. Акрилат, несмотря на свою упругость, обладает и определенной текучестью — это свойство любого полимера. Даже под небольшим, но постоянным давлением за несколько месяцев диск деформируется. Если прогиб составит хотя бы 0,5 мм, диск, скорее всего, станет нечитаемым.

Для хранения лучше всего подходят стандартные жесткие кейсы — в них диск фиксируется только за центральное отверстие, а вся его поверхность ни к чему не

прикасается. Как вариант, можно рекомендовать и бобины на 20–50–100 дисков, в которых обычно продаются болванки. За счет кольцевидных утолщений вокруг посадочных площадок все диски в такой коробке тоже находятся «на весу».

Лазерные диски легко повредить механически. Царапины на нижней поверхности диска преломляют и рассеивают лазерный луч. В результате лазер не может считать отдельные сектора.

Радиальные царапины не так опасны, как концентрические. Записи на дорожке многократно избыточны. Содержимое каждого логического сектора дублируется в нескольких физических секторах, причем дубликаты чередуются через несколько витков дорожки. Даже если несколько физических секторов выпадают из чтения, микропрограмма привода воссоздает их содержимое по дубликатам и кодам коррекции ошибок. Однако круговая царапина может закрыть много секторов подряд. Если стали недоступны все дубликаты, сектор прочесть не удастся. Нередко дефекты прозрачного слоя удастся замазать или отполировать разными способами — это один из приемов восстановления.

Царапины, которые через этикетку и защитный слой достигают отражающего или записываемого слоя, обычно приводят к безвозвратной потере данных. Трещины и сколы тоже частое явление. Диски со сквозными трещинами восстановлению практически не подлежат. Менее вредны трещины на периферии, но и они могут оказаться фатальным дефектом.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ВЫВОД

Чтобы с самого начала предотвратить потерю данных на лазерных дисках, проверяйте все, что записано, постарайтесь не делать пометки на поверхности (лучше подпишите коробку) и храните диски аккуратно!

Полупроводниковые носители

Идея использовать полупроводники для долговременного хранения данных лежит на поверхности. Вопрос лишь в том, какую память взять? Энергозависимая память (RAM) быстра, производство ее прекрасно отлажено — с нее-то все и начиналось. Достаточно сделать контроллер, который бы связал микросхемы RAM, обычно используемые в качестве оперативной памяти, со стандартным дисковым интерфейсом, например SCSI.

К сожалению, чипы оперативной памяти хранят информацию, лишь пока получают питание. Несмотря на это, еще в 1982 году компания Срау начала устанавливать в свои суперкомпьютеры твердотельные накопители на RAM-памяти. По емкости они были сравнимы с самыми передовыми винчестерами той эпохи и на порядок превосходили их по быстродействию. Мэйнфреймы не выключаются годами, с питанием у них все в порядке!

Однако простым пользователям подобный вариант не подходит — память нам нужна *энергонезависимая*. Была изобретена и такая! Решение настолько остроумно, что заслуживает отдельного описания.

Эффект вспышки

Создатели нового типа полупроводниковых приборов сравнили принцип его действия со вспышкой (Flash). Короткий импульс изменяет состояние полупроводника, и это состояние сохраняется, как фотоснимок, даже в отсутствие электропитания.

Флеш-память — кристалл кремния, в котором сформированы не совсем обычные полевые транзисторы. Они и служат ячейками памяти (рис. 1.6). Как у любых полевых транзисторов, у них есть сток и исток. Однако у флеш-транзистора сразу два изолированных затвора: управляющий (control) и плавающий (floating). Плавающий затвор способен накапливать и удерживать электроны.

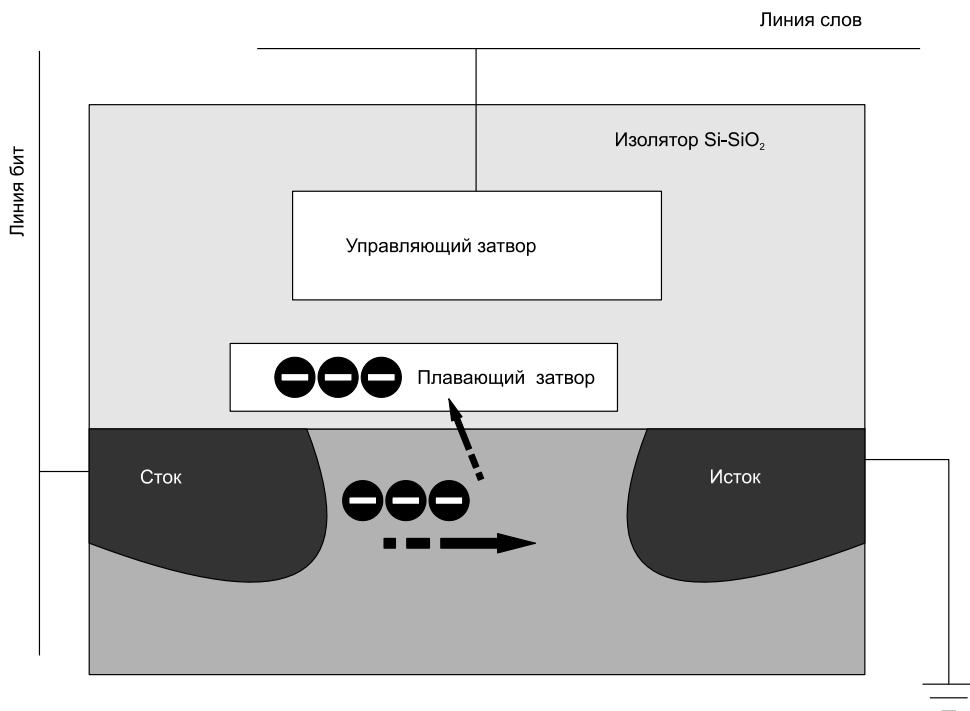


Рис. 1.6. Ячейка флеш-памяти

При записи на управляющий затвор подается положительное напряжение и часть электронов, движущихся от стока к истоку, притягивается к плавающему затвору. Некоторые электроны преодолевают слой изолятора и «пропитывают» плавающий затвор. Там они могут оставаться в течение многих лет.

Концентрация электронов в области плавающего затвора определяет одно из двух устойчивых состояний ячейки памяти. В первом, исходном, состоянии количество электронов на плавающем затворе мало. Электроны могут беспрепятственно перетекать от истока к стоку — транзистор постоянно открыт (логическая единица). Если же плавающий затвор «нашпигован» достаточным количеством электронов, транзистор оказывается во втором устойчивом состоянии. Отрицательный за-

ряд на плавающем затворе постоянно мешает движению электронов от истока к стоку — транзистор практически закрыт. Напряжение открытия его резко увеличивается, что соответствует логическому нулю. Пороговое напряжение, которое нужно подать на сток для открытия транзистора, измеряется при каждом опросе ячеек.

Для стирания информации на управляющий затвор ненадолго подается отрицательное напряжение, и электроны с плавающего затвора «выдавливаются» через изолятор на исток. Транзистор опять переходит в состояние логической единицы и остается в нем, пока не будет произведена очередная запись.

Последнее слово техники — так называемая *многоуровневая ячейка* (MLC, Multi-Level Cell). В таких транзисторах проводимость может принимать не одно из двух (0 или 1), а одно из нескольких промежуточных значений, например, 0, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1. Тем самым одна ячейка способна хранить больше одного бита информации! Ценой усложнения логики удалось увеличить плотность хранения данных в 2, 4 и более раз. С 2009 года такая память уже применяется в наиболее емких накопителях.

Существуют две архитектуры флеш-памяти. Они различаются способом обращения к ячейкам и, соответственно, организацией внутренних проводников.

□ В архитектуре **NOR** (ИЛИ-НЕ) к каждой ячейке подходит отдельный проводник, и они опрашиваются и записываются поодиночке. Это позволяет работать с отдельными байтами или словами (2 байта), однако накладывает серьезные ограничения на максимальный объем памяти на единице площади кристалла. Сегодня память **NOR** применяется в ППЗУ малой емкости, например, в сотовых телефонах или микросхемах BIOS.

□ В памяти архитектуры **NAND** (И-НЕ) каждая ячейка находится на пересечении «линии битов» и «линии слов». Ячейки сгруппированы по блокам, а считывание и запись производятся лишь целыми блоками или строками. Современные съемные носители строятся, как правило, на памяти **NAND**.

Флеш-память — отнюдь не новое изобретение. Первые микросхемы на ее основе появились в далеком 1984 году. Однако дороговизна, низкое быстродействие и малая емкость чипов долго не позволяли создать сколько-нибудь конкурентоспособные накопители на их основе. Применение ограничивалось лишь микросхемами BIOS на материнских платах и в других устройствах.

Лишь в середине 1990-х годов технологический скачок позволил начать разработку карт флеш-памяти для мобильных устройств, а затем и дисков с интерфейсом USB для ПК. К 2000 году они перестали быть экзотикой и вошли в широкий обиход. Флеш-карты обосновались в камерах, плеерах и сотовых телефонах. При этом во многих гаджетах присутствует и встроенная флеш-память — при подключении камеры или телефона к ПК она обычно представляется съемным USB-диском.

Карты памяти

Флеш-диски USB быстро пришли на смену дискетам. Они гораздо удобнее для ношения данных в кармане, в связке ключей или на шнурке на шее! Компания Dell прекратила ставить флоппи-дисководы в выпускаемые ей компьютеры уже в 2003 году.

С карт памяти восстанавливать информацию приходится довольно часто. Обычно это флеш-карты из камер, а извлекать нужно фотографии или видеозаписи. Теряются они и из-за сбоев камеры при записи очередного снимка, и при опрометчивом удалении старых фото. Нередко владелец форматирует карту, а потом спохватывается, что на компьютер с нее было скопировано далеко не все.

Карта памяти — один или несколько кристаллов флеш-памяти и контроллер, заключенные в миниатюрный плоский корпус. Как правило, бескорпусные микросхемы вместе с проводниками и контактами заливаются в компаунд. Такая конструкция разборке и ремонту не подлежит.

В табл. 1.1 перечислены основные типы карт памяти, которые производятся в настоящее время. За время существования каждый тип подвергался некоторым усовершенствованиям и модификациям, с учетом чего можно говорить о почти сотне разновидностях карт.

Таблица 1.1. Карты памяти

Тип карты памяти	Размеры (мм)	Максимальная емкость	Интерфейс
CompactFlash (CF)	42,8 × 36,4 × 3	128 Гбайт	Параллельный 50 контактов
Secure Digital (SD)	24 × 32 × 2,1	SD 1.0 — 2 Гбайт SD 1.1 — 4 Гбайт SDHC — 32 Гбайт SDXC — 2 Тбайт	Последовательный 9 контактов
miniSD	20 × 21,5 × 1,4	То же	Последовательный 11 контактов
microSD (TransFlash)	11 × 15 × 0,8	То же	Последовательный 8 контактов
MultiMedia Card (MMC)	24 × 32 × 1,4	4 Гбайт	Последовательный 7 контактов
RS MMC	24 × 18 × 1,4	4 Гбайт	Последовательный 7 контактов
High speed MMC	24 × 32 × 1,4	4 Гбайт	Последовательный 13 контактов
Memory Stick	21,5 × 50 × 2,8	256 Мбайт	Последовательный 10 контактов
Memory Stick PRO	21,5 × 50 × 2,9	2 Тбайт	Последовательный 10 контактов
Memory Stick Duo	21,5 × 31 × 2,8	2 Тбайт	Последовательный 10 контактов
xD-Picture Card	20 × 25 × 1,7	8 Гбайт	Параллельный 22 контакта

Спецификация Secure Digital весьма обширна. В ней предусмотрено три конструктивных исполнения (SD, miniSD и microSD), четыре внутренних архитектуры

(SD 1.0, SD 1.1, SDHC и SDXC) и 12 *рейтингов* (скоростей передачи данных). Сочетаний получается много! При этом все варианты относительно совместимы «сверху вниз»: устройства, поддерживающие карты с большей емкостью и быстродействием, должны работать и с более старыми картами. Базовым конструктивом считается корпус SD, а для карт меньшего размера выпускаются переходники-адаптеры под слоты SD и miniSD (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Карта microSD и адаптеры для нее

Спецификация SD была разработана на базе MMC. Поэтому в слот для карт SD можно вставить MultiMedia Card (MMC), но не наоборот (карта SD толще). Электрически эти карты вполне совместимы — часть контактов на них просто зарезервирована.

Карты SD снабжены переключателем защиты от записи (lock). Контроллер карты поддерживает алгоритм аппаратного шифрования данных, а ключ шифрования хранится в специальной области памяти. На картах SD собирались продавать музыкальные альбомы, как на лазерных дисках, и шифрование призвано мешать их нелегальному копированию.

В ноутбуках карты CompactFlash (CF) можно свободно вставлять в разъемы PCMCIA Type II. Несмотря на то, что в PCMCIA 68 контактов, а у CF — только 50, карты CompactFlash электрически и логически совместимы со стандартом PCMCIA-ATA.

Карты SmartMedia (Solid State Floppy Disk Card, SSFDC) с 22 контактами мы лишь упомянем. Сегодня это исторический раритет, хотя на рубеже веков они были очень популярны. Примечательно, что спецификация SmartMedia была первой и последней, в которой карта несла лишь флеш-память с выведенными наружу линиями сканирования и питания, а контроллеры стояли в устройствах считывания. Все остальные карты содержат в себе и память, и ее контроллер.

Покупая флеш-карту для конкретного телефона или фотоаппарата, возьмите гаджет с собой и убедитесь, что карта в нем распознается, форматируется, записывается и стирается. Если появились хоть какие-то сомнения, лучше попробуйте другую карту. Несовместимость определенных носителей с определенными портативными устройствами — распространенное явление!

ПРИМЕЧАНИЕ

Все зависит не столько от аппаратной поддержки, сколько от особенностей микропрограммы гаджета и наличия в ней «багов». Иногда после обновления прошивки телефон или плеер начинает работать с флеш-картой, которую он раньше «в упор не видел».

С картридерами для ПК дело обстоит проще. Роль этого устройства довольно пассивная — картридер только подает питание и согласует последовательный интерфейс карты с универсальной последовательной шиной (Universal Serial Bus, т. е. USB) компьютера. Остальное возложено на стандартные драйверы, которые есть в системе! Самое большее, может понадобиться обновление таких драйверов. Например, ОС Windows 7 изначально работает с картами SD емкостью до 32 Гбайт включительно, а для поддержки карт большей емкости нужно установить обновление системы KB976422 (оно входит в пакет SP1).

Флеш-диски USB

Флеш-диски USB отличаются от карт памяти только интерфейсом и конструкцией. Компоненты собираются на печатной плате, а контроллер всегда выполняется в виде отдельной микросхемы одного из стандартных форм-факторов.

Изготовление флеш-памяти остается достаточно высокотехнологичным процессом. Производителей чипов флеш-памяти перечислить несложно: практически это те же гиганты индустрии, которые выпускают микросхемы оперативной памяти.

Контроллеры разрабатываются и выпускаются под определенные микросхемы флеш-памяти. Марок контроллеров очень много: выпуск флеш-дисков и компонентов для их сборки освоили сотни небольших компаний по всему Китаю. Начальная схема адресации ячеек заложена в контроллере конструктивно.

В служебной области флеш-памяти записаны микропрограмма контроллера (прошивка) и таблица трансляции адресов (транслятор). Сразу после подачи питания контроллер начинает считывать эту область. Кроме собственно адресации ячеек, контроллер выполняет ряд других функций: коррекцию ошибок (ECC, error check and correct), контроль сбойных секторов и равномерности износа ячеек (wear leveling).

Алгоритм, по которому данные при записи распределяются по ячейкам флеш-памяти, заложен в микропрограмму контроллера. Производители флеш-дисков, от известных до самых мелких, эти тонкости держат в секрете. Микропрограмм контроллеров создается гораздо больше, чем самих моделей контроллеров. При восстановлении информации знание марки контроллера и версии микропрограммы может пригодиться.

Выяснить марку контроллера можно двумя способами. Если разобрать флеш-диск, то под лупой обычно удастся прочесть заводскую маркировку на чипах. Другой способ — получить информацию из микропрограммы (прошивки). Например, диспетчер устройств Windows сообщает аппаратный идентификатор устройства (свойство **ИД оборудования** на вкладке **Сведения** диалогового окна свойств устройства). Воспользовавшись поиском в Интернете, по этому идентификатору

можно достаточно точно определить конкретную модель флеш-диска и его внутреннего контроллера.

Устройства SSD

Следующий шаг — диски SSD (от англ. Solid State Drive, твердотельный привод). Они снабжены точно такими же интерфейсами IDE, SATA или SAS, как у жестких дисков. Со стороны внешнего интерфейса SSD идентичны обычным винчестерам.

Мощный толчок производству твердотельных дисков дало появление планшетных ПК, нетбуков и прочих «недокомпьютеров». В некоторых моделях, например ASUS Eee PC 7xx, компоненты SSD (чипы памяти и контроллер) распаиваются прямо на материнской плате (рис. 1.8).

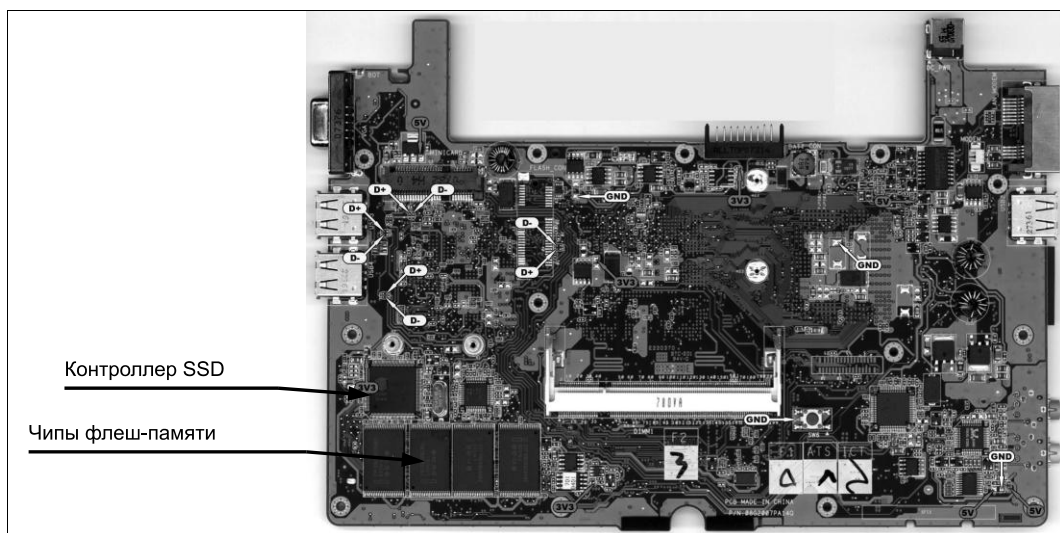


Рис. 1.8. SSD на плате нетбука ASUS Eee PC 701

Архитектурно диск подключен к контроллеру IDE или SATA (это видно и в BIOS, и в диспетчере устройств), однако конструктивно он является самой настоящей встроенной памятью. Когда нужно извлечь данные из нетбука, который «умер» и даже не включается, возникают серьезные проблемы.

Теперь все чаще встречаются SSD в корпусах форм-фактора 2,5" и с абсолютно стандартными разъемами SATA и питания. Они годятся и для ноутбуков, и для настольных компьютеров. По быстродействию такие диски давно догнали и перегнали большинство винчестеров, а емкость их достигла 512 Гбайт (на середину 2010 г.). Главным недостатком полупроводниковых дисков пока остается цена.

Один гигабайт места на винчестере или диске DVD-RW сегодня стоит около трех рублей, а на карте памяти, флеш-диске USB или SSD — около девяноста. Справедливости ради скажем, что за последние пять лет гигабайт емкости винчестеров подешевел примерно вчетверо, а флеш-дисков и карт памяти — почти в

300 раз! Если так пойдет и дальше, твердотельная память готовится серьезно потеснить все прочие носители.

Надежность полупроводниковых носителей

Работа флеш-памяти основана на явлении диффузии электронов в полупроводнике. Из этого следуют два не очень приятных вывода.

- Срок хранения зарядов на плавающих затворах пусть и велик, но все же конечен. По законам термодинамики электроны стремятся со временем равномерно распределиться по всему объему кристалла. Рано или поздно такое равновесие наступит и все содержимое памяти утратится.
- Каждый цикл записи понемногу «подтачивает» слой, отделяющий затвор от остальной массы кристалла. Кроме того, со временем неизбежно происходит деградация самого материала и p-n-переходов. Из-за этого срок жизни ячейки ограничен некоторым числом циклов записи-перезаписи.

Производители заверяют, что продолжительность надежного хранения однажды записанных данных составляет не менее 5 лет (реально — 10 и более). Число циклов перезаписи тоже иногда оговаривается. Например, ранние модели Kingston Compact Flash были рассчитаны на 300 000 циклов перезаписи, Transcend Compact Flash — на 1 000 000, а флеш-диски USB Transcend 1Gb образца 2006 года — всего на 100 000. Многие модели 2010 года преодолели рубеж в 2 000 000 циклов.

Износ ячеек происходит неравномерно. Те из них, которые хранят записи файловой системы, переписываются при каждом изменении содержимого диска. Они и пострадают в первую очередь! Примерно так же газон на футбольном поле сильнее всего бывает вытоптан перед воротами.

При обычной эксплуатации в роли «карманного переносчика гигабайт» редкий диск USB или карта памяти доживают до такой ситуации. Обычно их раньше топят, ломают, разгрызают, сжигают по питанию. Однако «флешка», которая пару лет стационарно проработала в компьютере с Windows 7 как дополнительная память Ready Boost, попадает под подозрение. Во всяком случае, нежелательно потом держать на ней единственную копию бухгалтерской базы или своих рабочих документов.

Однако для SSD проблема износа блоков стоит очень остро по определению. На системном диске обновление записей файловой системы, а также областей, где находятся файл подкачки, журналы и реестр, происходит непрерывно. Решением стали технологии динамического распределения или равномерности износа ячеек (wear leveling). Благодаря им часто обновляемая информация по очереди заносится в разные ячейки флеш-памяти. Другими словами, таблица трансляции (соответствия между логическими блоками и физическими блоками, куда они записываются) регулярно меняется.

Подробности таких технологий производители пока не разглашают. Можно лишь сказать, что в микропрограммы накопителей закладываются различные алгоритмы выравнивания износа ячеек. Сама таблица трансляции хранится в служебной области той же флеш-памяти или в отдельном чипе EEPROM вместе с микропрограммой устройства.

На аппаратном уровне принцип динамического распределения обязательно используется в SSD — без этого надежность накопителей была бы недопустимо низкой. Он стал применяться и во многих современных флеш-дисках USB, картах памяти CF и SD.

Существует и чисто программная реализация этой идеи. Для флеш-накопителей специально разработаны файловые системы exFAT (Windows), JFFS2 и YAFFS (Linux). Пользователи еще не привыкли форматировать «флешки» в exFAT, но такая возможность впервые появилась уже в Windows XP SP2.

Профилактика потерь данных на флеш-дисках и картах сводится к двум простым советам.

1. Постарайтесь обращаться с ними бережно — за исключением «экстремальных» моделей в стальных обрезиненных корпусах, это довольно хрупкие устройства. Вода, тем более пиво и кола, дискам и картам противопоказаны категорически!
2. Возможно, это и перестраховка, но перед извлечением диска или карты, на которые что-то записывалось, рекомендуется остановить их средствами Windows. Щелкните кнопкой мыши на значке **Безопасное извлечение устройств и дисков** в области уведомлений панели задач и в открывшемся меню выберите устройство, которое вы собираетесь отключить (рис. 1.9).

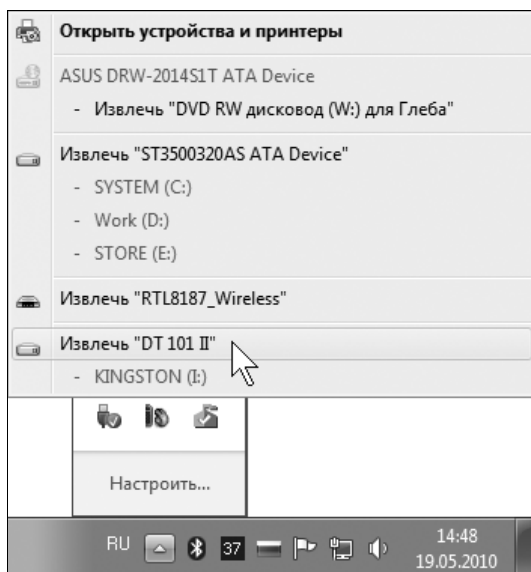


Рис. 1.9. Безопасное извлечение устройств (Windows 7)

Дело в том, что система кеширует информацию, отправляемую на съемные диски, а саму запись обычно выполняет с некоторой задержкой. Если «на самом интересном месте» лишить диск питания, физически он не пострадает, но в его файловой системе наверняка возникнут ошибки.

Когда вы подключали флеш-диск или карту памяти исключительно для чтения, их можно смело выдергивать из разъема USB в любой момент. Если же на носитель

производилась запись, остановите диск средствами Windows либо выждите около минуты.

«Контрольная сумма»

Обычно в аппаратные тонкости различных накопителей приходится вникать, когда устройство выходит из строя. В такой ситуации для доступа к данным нужно сначала отремонтировать дисковод. Как правило, считать информацию из гермоблока винчестера или с микросхем флеш-диска удастся только через «родной» либо точно такой же контроллер.

На этом мы пока прервем обзор материальной части. Подробнее к устройству винчестеров и флеш-дисков USB вернемся в соответствующих главах.

В остальных случаях накопитель сразу выдаст нам через стандартный интерфейс все свое содержимое. Останется лишь правильно интерпретировать полученные данные и привести их в привычный вид! Поэтому посмотрим на диски с другой стороны — как на абстрактную последовательность байтов.

ГЛАВА 2



Логика хранения данных

Логическая структура — то, с чем работает операционная система компьютера. Это всегда иерархия: диск → раздел → каталог → файл. Со стороны интерфейса любой накопитель представляется последовательностью логических блоков. При чтении компьютер запрашивает у накопителя блок с определенным порядковым номером и получает в ответ содержимое этого блока в виде последовательности байтов. При записи, наоборот, последовательность байтов посылается в указанный блок. Границей между аппаратным и логическим уровнями можно считать интерфейсный кабель.

С самого начала условились, что стандартная длина блока составляет 512 байтов. Как раз таков был размер физических секторов на дискетах и первых винчестерах — отсюда и принято говорить о секторах. Хотя впоследствии производители компьютерного «железа» и разработчики файловых систем стали оперировать более крупными порциями данных (кластерами, блоками), в основе все равно лежит сектор размером 512 байтов.

ПРИМЕЧАНИЕ

В действительности на винчестере полный объем физического сектора равен 571 байту. Из них 512 байтов предназначены для записи данных (data), а оставшиеся 95 байтов — служебные сведения о внутреннем номере сектора, контрольные суммы и т. д. Часть этой информации записывается в ходе низкоуровневой разметки диска еще на заводе, частью «заведует» микропрограмма. Через стандартный интерфейс скрытые 95 байтов недоступны. Так что «видимая» длина сектора — всегда 512 байтов.

Двоичные, или HEX-редакторы

Инструментом для исследования и правки логической структуры дисков служат программы, которые принято называть *байтовыми*, или двоичными (бинарными) редакторами. Напомним, что 1 байт = 8 битов, т. е. каждый байт может принимать значения от 0 до $2^8 = 256$ в десятичной (dec) или $2^8 = FF$ в шестнадцатеричной (hex) системе счисления. Поскольку значения байтов такие программы показывают в шестнадцатеричном виде, иначе их называют «HEX-редакторами».

В большинстве HEX-редакторов предусмотрен режим просмотра и редактирования непосредственно секторов на дисках, т. е. одновременно они являются и дисковыми редакторами. В таком режиме характерные структуры дисков (MBR, FAT, MFT и т. п.) обычно подсвечиваются. Специализированные дисковые редакторы входят и в состав многих утилит для восстановления данных.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для работы с секторами дисков программы нужно запускать от имени администратора. В Windows 7 щелкните на ярлыке или исполняемом файле редактора правой кнопкой мыши и в контекстном меню выберите команду **Запуск от имени администратора**.

Редактор Hexplorer

Программа ICY Hexplorer — простой, бесплатный, но достаточно функциональный HEX-редактор. Дистрибутив доступен на сайте разработчиков <http://hexplorer.sourceforge.net>.

Целесообразно сразу же настроить редактор (рис. 2.1). Вызовите диалоговое окно настроек командой меню **View | Options** (Вид | Опции). Установите флажок **Show offsets** (Показывать смещение). Нажмите кнопку **ОК**. Теперь в окне программы в самой левой колонке будут отображаться значения смещения первого байта каждой строки.

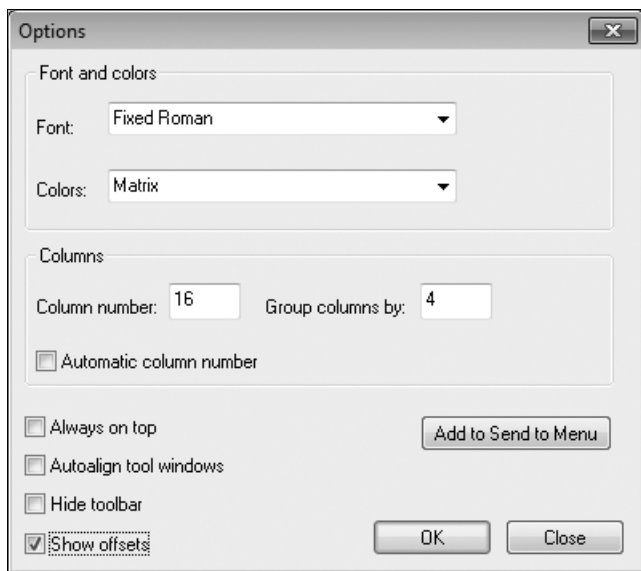


Рис. 2.1. Диалоговое окно настроек программы Hexplorer

ПРИМЕЧАНИЕ

Не-программистов слово «смещение» (offset) обычно смущает! На самом деле, это всего лишь порядковый номер байта, считая от начала файла, диска или другой последовательности. В другом смысле смещением называют «расстояние» в байтах между какими-то элементами последовательности.

Чтобы подчеркнуть, что числа записаны в шестнадцатерично-десятичной (hexadecimal) системе счисления, в конце каждого числа часто пишут букву *h*. Например, выражения 1BE, 0x01BE, 000001BE, 1BEh или 0x1BEh означают одно и то же: байт, стоящий на 446-й позиции от начала последовательности. При этом учтите, что обычно начало — не первая (0x001), а *нулевая* (0x000) позиция!

Чтобы открыть в Hexplorer файл, выберите команду меню **File | Open** (Файл | Открыть) или нажмите кнопку **Open** (Открыть) на панели инструментов. Рабочая область окна разделена по вертикали на колонки. После открытия файла в одной колонке отображается его содержимое как последовательность байтов в шестнадцатеричном виде. В следующей колонке те же самые байты интерпретируются как ASCII-значения текстовых символов (рис. 2.2).

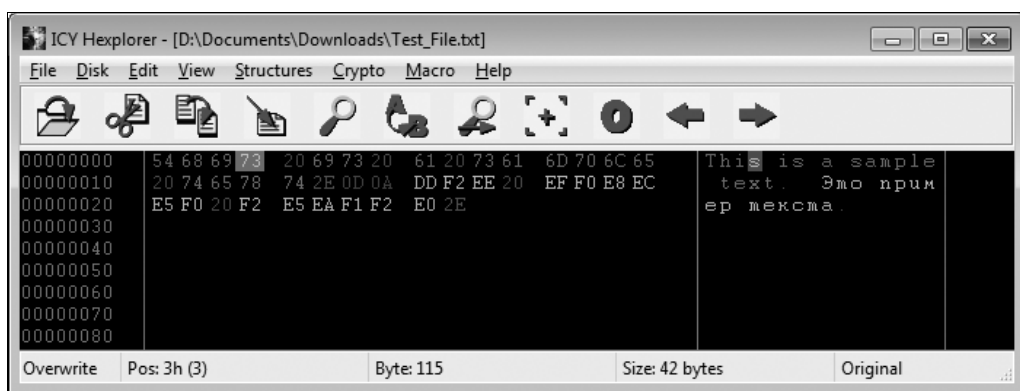


Рис. 2.2. Окно программы Hexplorer — открыт текстовый файл

Выделенный фрагмент одновременно подсвечивается в обеих половинах окна. Легко выяснить, что означает каждый байт файла, если считать, что им закодирован какой-либо текстовый символ. При анализе текстовых файлов такая интерпретация совершенно справедлива. Команды меню **View** (Вид) и **Structures** (Структуры) позволяют интерпретировать содержимое файла иначе — например, как точечный рисунок, и просмотреть его в дочернем окне.

Чтобы открыть в Hexplorer диск как последовательность байтов, щелкните на пункте меню **Disk** (Диск). Выберите диск, содержимое секторов которого вы хотите просмотреть или отредактировать (рис. 2.3).

Откроется диалоговое окно, в котором нужно задать номер начального сектора (**Starting sector**) и число секторов, которое должно быть прочитано (**Sectors to read**). Поскольку нас интересует самое начало диска, читаем, например, первые 16 секторов, начиная с нулевого (рис. 2.4).

Заметим, что программа Hexplorer работает только с разделами и логическими дисками. Поэтому, выбрав букву диска и указав в качестве начального сектора **0**, мы увидим в окне не нулевой сектор физического диска, а начальный сектор выбранного раздела или логического диска (рис. 2.5).

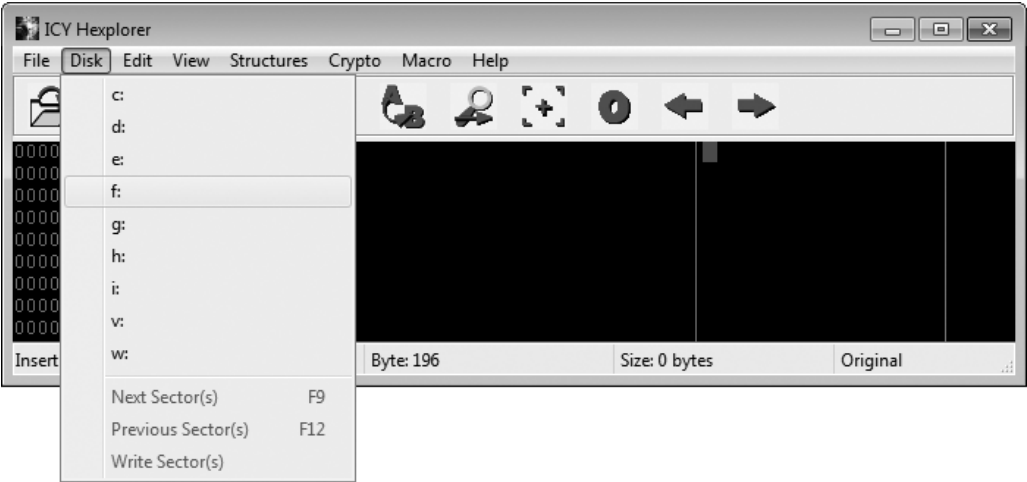


Рис. 2.3. Выбор диска

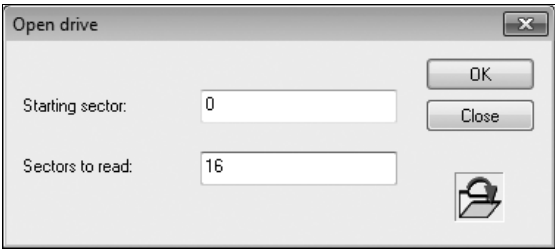


Рис. 2.4. Выбор секторов на диске

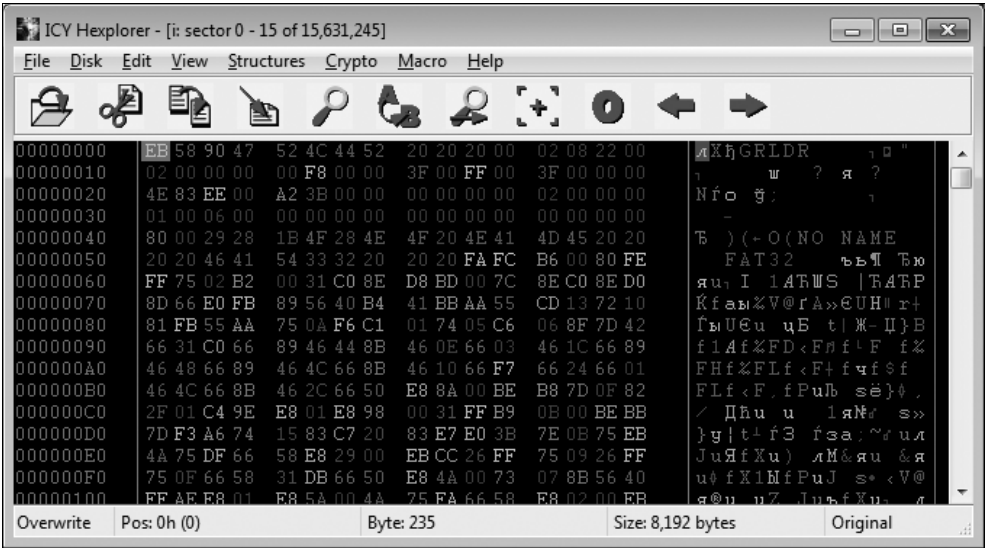


Рис. 2.5. Содержимое диска в окне Hexplorer

Редактор WinHex

Одной из лучших в своем классе считается программа WinHex (www.x-ways.net). Особенность редактора — набор инструментов, облегчающих поиск и восстановление файлов и других структур на дисках. Однако это программа shareware — до ввода серийного номера она запускается в ознакомительном режиме, и часть функций отключена или ограничена.

Для работы с дисками выберите команду меню **Tools | Open Disk** (Инструменты | Открыть диск) или просто нажмите клавишу <F9>. Откроется диалоговое окно выбора дисков (рис. 2.6). В нем сначала перечисляются логические диски (**Logical Drive Letters**), а затем физические диски (**Physical Media**). Таким образом, вы можете открыть в редакторе даже тот винчестер, на котором логическая структура повреждена или еще не создана.

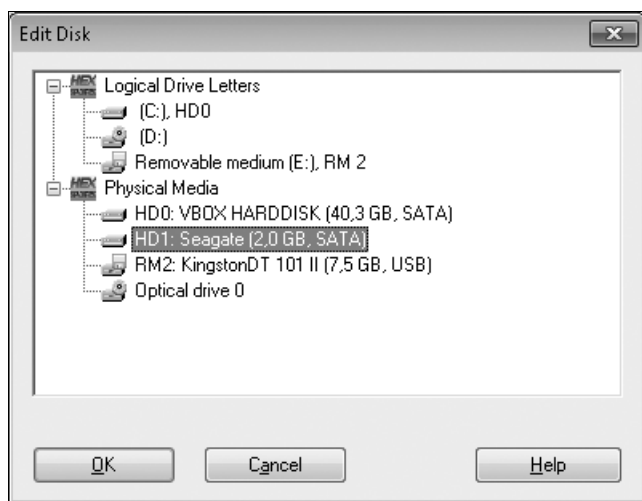


Рис. 2.6. WinHex — диалоговое окно выбора диска

В главном окне программы (рис. 2.7) на панели слева выводятся основные сведения о диске. В верхней части рабочей области перечисляются возможные логические представления для выбранного диска (какой сектор считать начальным?). В нашем примере на диске есть главная загрузочная запись, но еще не создано ни одного раздела. Допустимыми представлениями в этом случае являются *нераспределенное пространство* (**Unpartitioned space**), считая с сектора 0, и *пространство, которое нельзя распределить* (**Unpartitionable space**) — последний сектор диска.

WinHex позволяет открывать несколько дисков или файлов одновременно. Каждый объект отображается на отдельной вкладке — ярлычки их видны над рабочей областью.

ПРИМЕЧАНИЕ

Программа полностью совместима с Windows 7, но ее справка создана в старом формате (HLP). Чтобы справка открывалась в Windows 7, установите дополнение для Windows 7 KB917607. Обновление для 32-битной системы можно скачать по адресу:

<http://download.microsoft.com/download/9/A/8/9A8FCFAA-78A0-49F5-8C8E-4EAE185F515C/Windows6.1-KB917607-x86.msu>,

а для 64-битной системы:
<http://download.microsoft.com/download/9/A/8/9A8FCFAA-78A0-49F5-8C8E-4EAE185F515C/Windows6.1-KB917607-x64.msu>.

Вооружившись дисковым редактором, приступим к анализу содержимого диска. Для начала возьмем в качестве примера жесткий диск — на нем присутствуют все основные логические структуры.

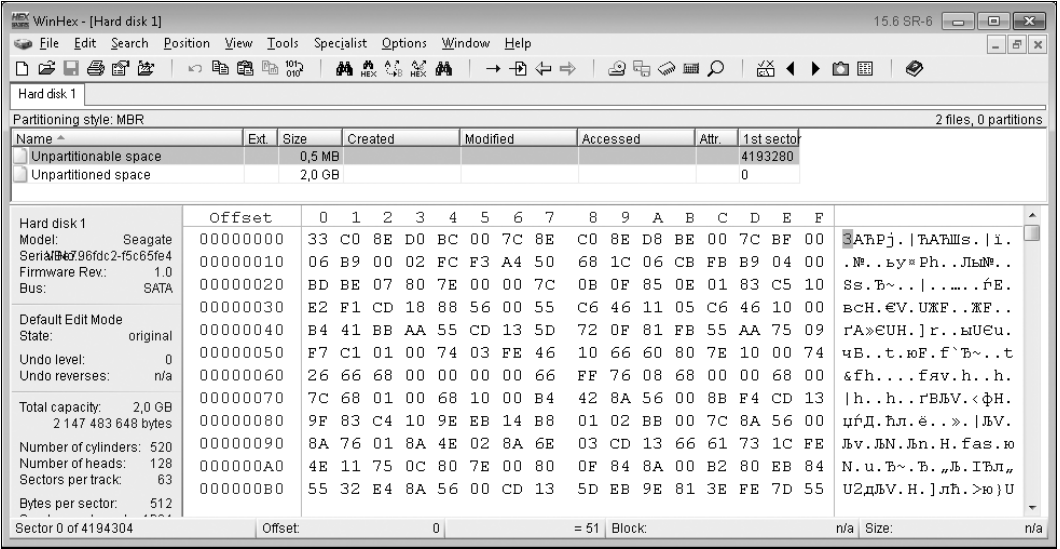


Рис. 2.7. WinHex — главное окно

Разделы

Верхний уровень логической структуры диска — разделы (partitions). Идея разделов применима к жестким дискам: диск разбивается на несколько частей, каждая из которых несет свою файловую систему и далее представляется ОС вполне самостоятельным носителем.

Флеш-диски и оптические диски обычно «пропускают» этот уровень. В сущности такой носитель весь является одним разделом и несет только файловую систему.

Главная загрузочная запись и таблица разделов

Начальный сектор диска содержит *главную загрузочную запись* (англ. master boot record, MBR). Синоним — *основная загрузочная запись*. MBR состоит из программного кода загрузчика, таблицы разделов (partition table) и заканчивается сигнатурой (подписью). Все вместе это занимает 512 байтов. Структура главной загрузочной записи приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Структура MBR

Смещение от начала диска	Длина, байт	Содержание
0000	446	Код программы-загрузчика
01B8	4	Сигнатура диска (не обязательно)
01BE	16	Таблица разделов: Раздел 1
01CE	16	Таблица разделов: Раздел 2
01DE	16	Таблица разделов: Раздел 3
01EE	16	Таблица разделов: Раздел 4
01FE	2	Сигнатура MBR (всегда AA55)

Первые 446 байтов отводятся под код загрузчика (Boot Record). При загрузке с диска эту короткую программу считывает и выполняет BIOS компьютера. Код загрузчика зависит от того, какой программой создавалась главная загрузочная запись. Например, если вы форматировали (точнее, инициализировали) диск стандартными средствами Windows, код загрузчика один, если с помощью Partition Magic — другой, если с помощью программ семейства Acronis — третий. Стандартным считается загрузчик, записываемый утилитой fdisk или установщиком Windows.

В адреса 01B8–01BB программа, которой форматировался диск, может записать сигнатуру диска. Например, ОС семейства Windows NT по этим значениям «запоминают» диск, который однажды подключался к системе, и «узнают» его, даже если потом он будет переставлен на другой канал IDE или SATA.

Следующие четыре группы по 16 байтов служат для записи сведений о разделах диска. Вместе они образуют *таблицу разделов* (Partition Table). Пока на диске не создавались разделы, все эти группы содержат нули. На диске можно создать максимум 4 основных (basic) раздела — больше структурой MBR не предусмотрено. Каждая группа состоит из 10 полей (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Структура поля таблицы разделов

Смещение от начала группы	Длина, байт	Описание
0000	1	Флаг активности раздела (80 — активный, 0 — не активный)
0001	1	Начало раздела — головка H
0002	1	Начало раздела — сектор S (биты 0–5), цилиндр C (биты 6,7)
0003	1	Начало раздела — цилиндр C (старшие биты 8,9 хранятся в предыдущем байте)
0004	1	Код типа раздела
0005	1	Конец раздела — головка H
0006	1	Конец раздела — сектор S (биты 0–5), цилиндр C (биты 6,7)

Таблица 2.2 (окончание)

Смещение от начала группы	Длина, байт	Описание
0007	1	Конец раздела — цилиндр С (старшие биты 8,9 хранятся в предыдущем байте)
0008	4	Смещение первого сектора раздела в координатах LBA
000C	4	Количество секторов раздела

Нулевой байт — флаг активности раздела. Из всех разделов диска активным может быть только один (или ни одного). При загрузке компьютера BIOS, прочитав и выполнив код загрузчика MBR, будет искать «продолжение», т. е. загрузчик операционной системы, в активном разделе. Больше этот флаг ни на что не влияет.

Следующие 3 байта содержат координаты начала раздела, а байты с пятого по седьмой — координаты его конца. Координаты выражены через значения CHS.

Относительно головок, секторов и цилиндров придется сделать отступление. Исторически сначала появилась «трехмерная» адресация секторов на жестких дисках, или система адресации CHS. В ней каждый сектор обозначался тремя числами: С (номером цилиндра, т. е. дорожек, лежащих одна под другой), Н (номером головки, т. е. пластины) и S (номером сектора на дорожке). Это отражало реальную «геометрию» винчестеров того времени (рис. 2.8).

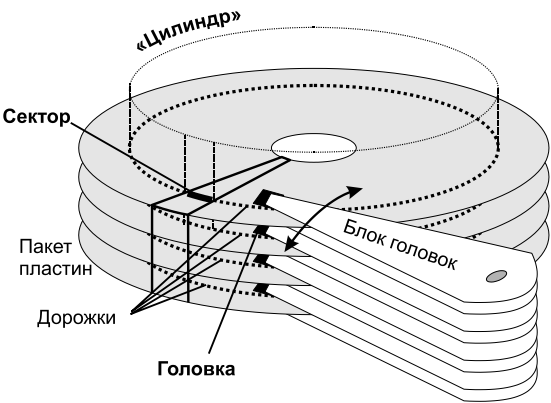


Рис. 2.8. Геометрия винчестера: дорожки, головки и секторы

Тогда же сложилась спецификация таблицы разделов, которая действует и до сих пор. В ней под номер цилиндра С отведено 10 битов, и цилиндров может быть не более $2^{10} = 1024$. Под номер сектора S отдано 6 битов, и секторов может быть не более $2^6 - 1 = 63$ (нумерация секторов начинается с единицы). Соответственно, головок может быть не более $2^8 = 256$. Итого, адресуемый объем диска теоретически не может превышать $1024 \cdot 63 \cdot 256 \cdot 512 = 8\,455\,716\,864$ байта, чуть больше 7,8 Гбайт.

В дальнейшем, когда емкость винчестеров превысила 7 Гбайт, была принята «линейная» адресация LBA (Logical Block Addressing, адресация логических бло-

ков). В ней все секторы «выстроены в ряд», и у сектора есть только порядковый номер. При таком типе адресации данные считываются логическими блоками, состоящими из нескольких секторов.

Адресация LBA преобразуется в CHS и наоборот. Примерно так же на строевом смотре воинское подразделение из «коробки» в несколько шеренг развертывается в колонну или шеренгу по одному, а затем вновь выстраивается в «коробку». За нулевой принимается блок, который начинается в первом секторе нулевой головки нулевого цилиндра. Блоки (секторы) LBA нумеруются *с нуля*, а не с единицы, как секторы CHS! Дальше номера блоков определяются по формуле:

$$LBA = (CYL \cdot HDS + HD) \cdot SPT + SEC - 1,$$

где LBA — номер блока (сектора); CYL, HD, SEC — номера цилиндра, головки и сектора в пространстве CHS; HDS — количество головок; SPT — количество секторов на дорожке (цилиндре).

Если начало раздела лежит за пределами адресации CHS, то в соответствующие поля таблицы разделов записываются максимально возможные значения: C = 1023 (3FFh), H = 255 (FFh), S = 63 (3Fh), а для обращения к разделу система будет применять адресацию LBA. Где же «сидят» адреса LBA?

Для них и пригодились последние 8 байтов каждой группы таблицы разделов! Адрес начального блока (сектора) раздела записан в байтах с восьмого по одиннадцатый, а в байты с двенадцатого по шестнадцатый заносится длина этого раздела в секторах.

Если в MBR под запись каждого адреса LBA отводится 4 байта (32 бита), то через LBA теоретически можно адресовать до $2^{32} \cdot 512 = 2\,199\,023\,255\,552$ байта (около 2 Тбайт). На современных винчестерах координаты начала и длину разделов нужно искать именно в последних 8 байтах каждой записи таблицы разделов.

ПРИМЕЧАНИЕ

На этом долгая счастливая жизнь MBR заканчивается. Летом 2010 года компании Seagate и WD почти одновременно объявили о выпуске винчестера емкостью 3 Тбайт. Но это уже совсем другая история: диски объемом свыше 2 Тбайт требуют совершенно иную таблицу разделов и 48-битную адресацию LBA!

Четвертый байт — код (идентификатор) типа раздела. Если значение этого байта равно 00, считается, что такого раздела не существует, и его содержимое игнорируется. Любое другое значение указывает на раздел определенного типа. Некоторые идентификаторы приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3. Коды типа раздела

Код	Тип раздела
00	Раздел отсутствует
01	FAT12, CHS
04	FAT16 (от 32 680 до 65 535 секторов или 16–33 Мбайт), CHS
05	Расширенный раздел (extended partition), CHS

Таблица 2.3 (окончание)

Код	Тип раздела
06	FAT16 (до 32 680 секторов или до 16 Мбайт), CHS
07	NTFS или exFAT
0B	FAT32, CHS
0C	FAT32, LBA
0E	FAT16, LBA
0F	Расширенный раздел (extended partition), LBA
42	Динамический диск Windows NT, LBA
82	Linux swap
83	Linux native
87	NTFS массива RAID0
B7	NTFS master-раздела массива RAID1
C7	NTFS slave-раздела массива RAID1

Добавление к коду типа раздела шестнадцатеричного числа 10 делает раздел «скрытым» (hidden). Например, если идентификатор 0C указывает на раздел FAT32, то идентификатор 0C + 10 = 1C соответствует *скрытому* разделу FAT32.

Скрытые разделы недоступны большинству ОС — для них это «раздел неизвестного типа», следовательно, он не должен содержать файловую систему. Однако в скрытых разделах часто располагают средства восстановления системы. Например, Зона безопасности Acronis является скрытым разделом FAT32, а на ноутбуках Acer скрытый раздел несет утилиту e-Recovery (специализированная ОС на базе Linux) и образ системного диска. В таком случае программа, создающая скрытый раздел, заменяет стандартный загрузчик MBR своим, модифицированным. Такой «хитрый» загрузчик предлагает в процессе загрузки нажать какое-либо сочетание клавиш, чтобы загрузить компьютер со скрытого раздела.

Если на диске нужно создать больше четырех разделов, применяется специальный тип раздела с кодом 05 — *расширенный раздел* (Extended Partition). В терминологии Windows отформатированные расширенные разделы называются *логическими дисками*.

Расширенный раздел отличается от всех других типов разделов. Он описывает не сам раздел, а область пространства накопителя, в которой начинается описание логических дисков. Сектор, который указан в таблице разделов MBR как начальный сектор расширенного раздела, фактически содержит еще одну загрузочную запись — Extended Boot Record (EBR) (табл. 2.4). Загрузочного кода в ней нет, есть только таблица разделов из двух записей и сигнатура.

Записи EBR устроены точно так же, как записи таблицы разделов в MBR (см. табл. 2.2). Если логический диск, на который ссылается указатель, занимает не все пространство, то в EBR заполняется второй элемент — указатель на следующий

Таблица 2.4. Структура EBR

Смещение от начала EBR	Длина	Описание
01BE	16	Указатель на этот логический диск (Current)
01CE	16	Указатель на следующий расширенный раздел (Next)
01FE	2	Сигнатура (всегда 55AA)

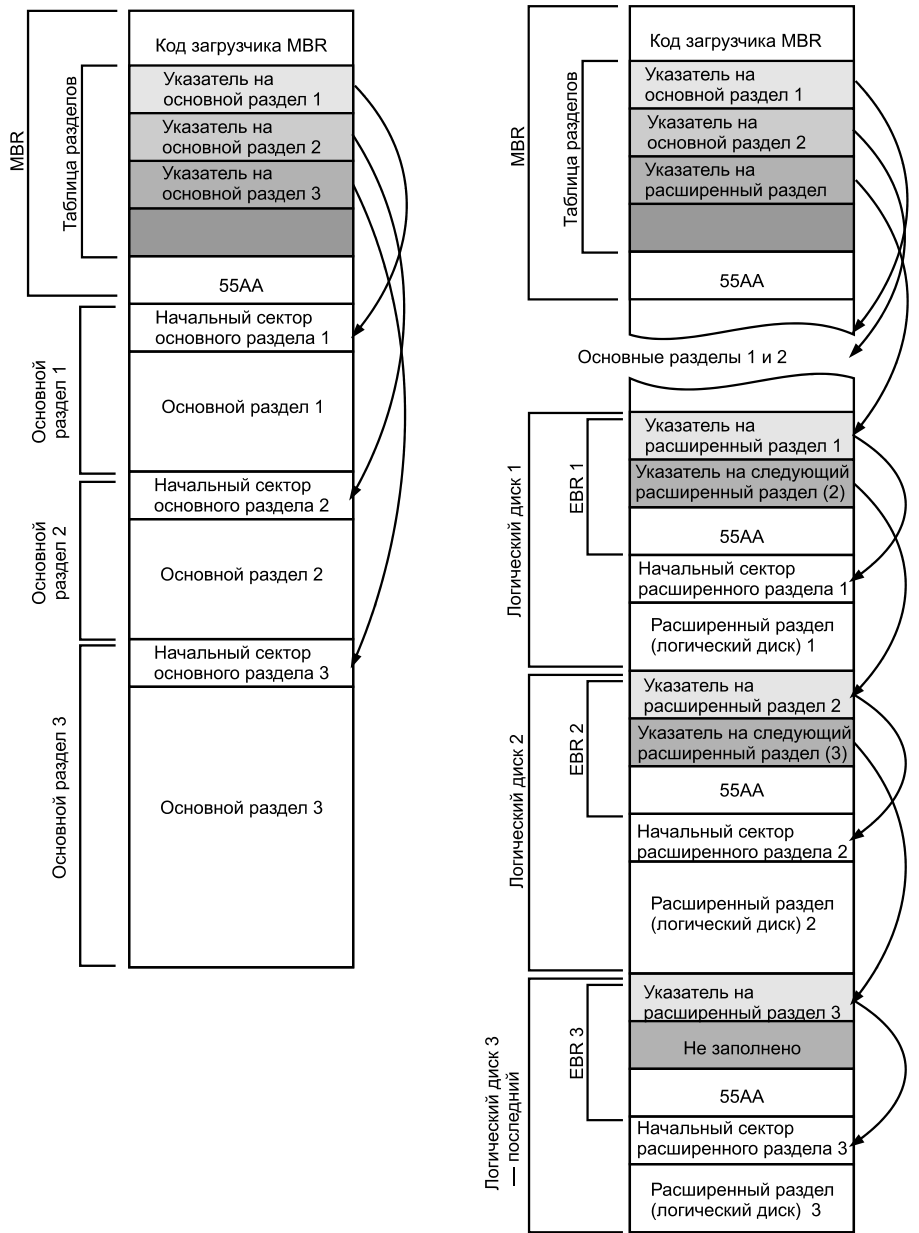


Рис. 2.9. Основные и расширенные разделы

расширенный раздел. Он вновь описывает оставшееся пространство как Extended Partition и указывает на следующую расширенную загрузочную запись (EBR). В секторе, на который ссылается эта запись, точно так же описывается один раздел (логический диск) и, если осталось место, делается очередная запись об Extended Partition. Так продолжается до тех пор, пока пространство не будет разделено.

Схема на рис. 2.9 поясняет соотношение между основными и расширенными разделами. В качестве примера левый диск разбит на 3 основных раздела. На правом создано два основных раздела и расширенный, в котором размещены 3 логических диска.

Все записи о расширенных разделах образуют цепь (Extended Partition Chain), в которой от дискового пространства последовательно отрезаются фрагменты (логические диски). Ошибка в любом элементе этой цепи приводит к ее обрыву. Все разделы, которые описаны после обрыва цепи, операционная система найти не сможет. Занимаемое этими расширенными разделами пространство она будет считать незанятым.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ВЫВОД

Если вам не нужно разбивать диск на десяток мелких, постарайтесь ограничиться только основными разделами. Большинству пользователей на диске вполне хватит трех: первый раздел для системы, второй — для хранения документов, а третий — под игры и «свалку всякой всячины». При желании может быть создан еще и четвертый раздел, например, Зона безопасности Acronis True Image. Достаточно для нормальной работы?

GPT — таблица разделов GUID

Как уже сказано, диски объемом более 2 Тбайт на наших глазах становятся реальностью. Что же нужно, чтобы компьютер смог работать с такими винчестерами?

- ❑ Контроллер дисков и BIOS материнской платы должны, как минимум, поддерживать 48-битную адресацию LBA. Когда под номер сектора отводится 48 битов, можно адресовать на диске до $2^{48} \approx 2,8 \cdot 10^{14}$ байтов, т. е. почти 300 терабайт. Эта поддержка появляется в «железе», выпущенном после 2008 г. В идеале материнская плата должна соответствовать спецификации Extensible Firmware Interface (EFI), но пока это «экзотика».
- ❑ На диске должна быть создана таблица разделов нового типа — GPT (англ. GUID Partition Table, таблица разделов GUID).
- ❑ Операционная система должна «уметь» работать с таблицей разделов GPT. Таковы Windows 7, 64-битные предыдущие версии Windows и некоторые сборки Linux.

Сразу скажем, что такое GUID (Globally Unique Identifier, глобально уникальный идентификатор). Это концепция, согласно которой каждой цифровой «железке» и программному компоненту в мире желательно присвоить статистически уникальный 128-битный идентификатор. Активное участие в ее разработке и продвижении принимают корпорация Microsoft и другие гиганты индустрии.

ПРИМЕЧАНИЕ

Философские аспекты GUID трогать не будем. Вы что-то сказали о «привязке» GUID конкретной копии Windows Home к GUID конкретного винчестера и материнской платы? Похоже, дело идет к тому... Честно говоря, мне это тоже не очень нравится! «Глубина-глубина, я не твой... Отпусти меня, глубина...»

Однако для строительства «цифрового мира во всем мире» что-то подобное, видимо, нужно. Недаром уникальные серийные номера давно уже прошиваются в ППЗУ сетевых карт, винчестеров, флеш-дисков, телефонов и даже в SPD планок оперативной памяти и в процессоры! Так что фантастика становится реальностью.

Одно отражение идея GUID нашла в сетевом протоколе IPv6. В результате у каждого компьютера на Земле появляется уникальный IP-адрес, адресация в цифровых сетях становится довольно простой и прозрачной, а многие проблемы отпадают сами собой.

Другое воплощение идеи — архитектура EFI (Extensible Firmware Interface, расширяемый интерфейс микропрограмм). Не путайте ее с EFI — электронным впрыском топлива в двигателях автомобилей! Эта архитектура призвана заменить BIOS при загрузке компьютеров и взаимодействии аппаратных компонентов.

Попросту говоря, BIOS обращается к диску, подключенному к указанному порту, потом загрузчик MBR передает загрузку загрузочному сектору того раздела, который помечен как активный, последний отправляет к загрузочным файлам ОС и т. д. Материнская плата с EFI сразу же обратится к тому разделу, уникальный идентификатор (GUID) которого прописан в ее настройках! Для этого на диске и нужна структура GPT.

В нулевом секторе диска с GPT все равно находится MBR. Эта запись делается лишь из соображений совместимости и безопасности. Поэтому ее называют наследственной или *защитной* (Protective MBR). ОС и утилиты, поддерживающие GPT, эту запись игнорируют.

В Protective MBR описан всего один раздел, занимающий весь диск. Разделу присвоен тип 00EE. Благодаря этому старые ОС и программы, не поддерживающие GPT, «видят» через MBR один раздел неизвестного им типа и не пытаются что-либо писать на диск.

Следующие 33 сектора занимает структура GPT. Общая схема диска с GPT приведена на рис. 2.10.

В первом секторе расположен первичный заголовок GPT. Он как раз и содержит GUID диска, сведения о собственном размере и ссылку на расположение вторичного (запасного) оглавления и запасной таблицы разделов, которые всегда находятся в последних секторах диска.

Кроме того, в заголовке хранятся две контрольные суммы (CRC32): самого заголовка и таблицы разделов. При загрузке компьютера микропрограмма EFI проверяет по этим контрольным суммам целостность GPT.

Секторы со второго по тридцать третий занимает таблица разделов. Она состоит из записей длиной по 128 байтов. Всего таких записей и, соответственно, разделов на диске может быть не более 128.

Первые 16 байтов записи содержат GUID типа раздела. Это напоминает код типа раздела в MBR. Например, GUID системного раздела EFI имеет вид C12A7328-

F81F-11D2-BA4B-00A0C93EC93B. Следующие 16 байтов — уникальный идентификатор (GUID) конкретного раздела. Фактически, это его «серийный номер». Далее могут быть записаны данные о начале и конце раздела в 64-битных координатах LBA (не обязательно). Затем следуют метка (имя) и атрибуты раздела.

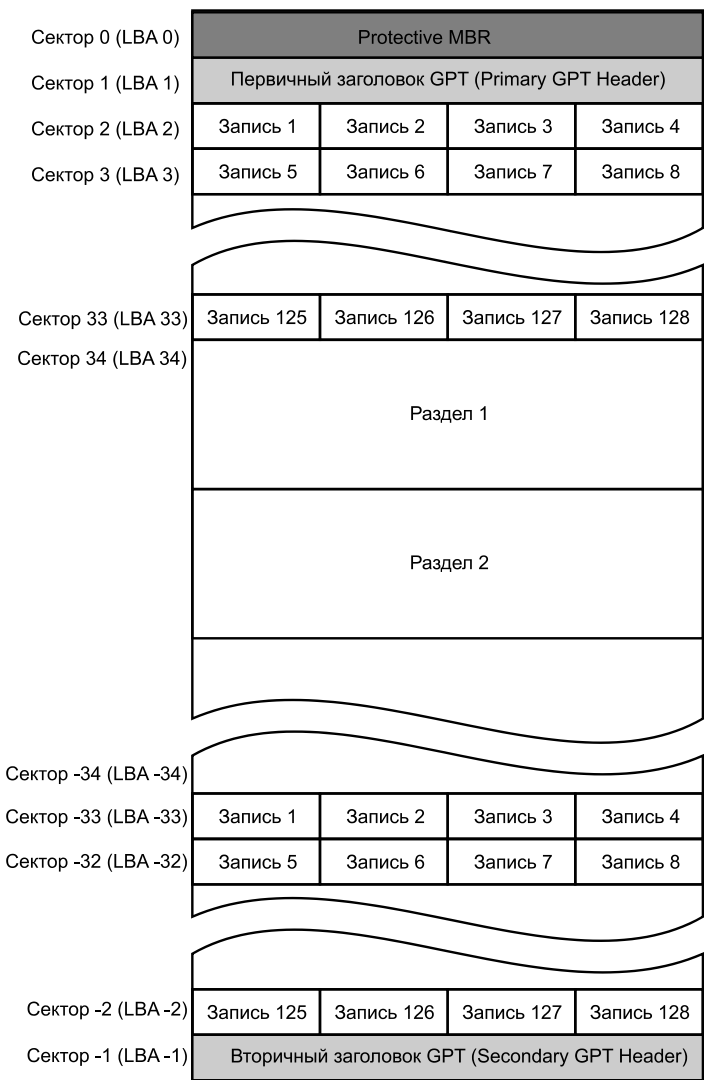


Рис. 2.10. Логическая структура диска с GPT

В конце диска расположена резервная копия GPT — вторичный заголовок (Secondary GPT Header) и точно такая же таблица разделов. Номера секторов здесь обозначают отрицательными числами: -1 — последний сектор, -2 — предпоследний и т. д.

Простое редактирование GPT с помощью HEX-редакторов без вычисления и обновления контрольных сумм приводит к тому, что содержимое заголовка или таб-

лицы перестает соответствовать контрольным суммам. Если микропрограмма EFI при проверке выявит такое расхождение, она перезапишет Primary GPT из вторичной копии. Если же обе записи GPT будут содержать неверные контрольные суммы, доступ к диску станет невозможным.

Таким образом, GPT обладает отказоустойчивостью и позволяет создать на диске до 128 основных разделов. По сравнению с MBR это серьезный шаг вперед! В принципе, пользователи Windows 7 свободно могут принимать GPT на вооружение. Однако в деле вы пока вряд ли столкнетесь с дисками такой логической организации.

Лабораторная работа № 1

Попытаемся ощутить изложенное на практике. Понадобится компьютер с установленной операционной системой и подопытный винчестер, с которого не жалко удалить все данные.

Если такого винчестера у вас нет, можно установить на своем компьютере виртуальную машину, например, VirtualBox (www.virtualbox.org). Это программа, которая работает в среде Windows и эмулирует почти настоящий компьютер. Виртуальная машина (ВМ) забирает себе часть ресурсов процессора, «откусывает» часть оперативной памяти, а в качестве монитора использует окно на рабочем столе вашей системы. Дисками ВМ служат файлы-образы, хранящиеся на винчестере реальной машины (хост-системы). На ВМ устанавливается любая операционная система, и вы получаете «компьютер внутри компьютера»!

Настройки ВМ и работа с ней подробно описаны в справке и документации. Скажем только, что последние версии VirtualBox позволяют эмулировать диски IDE и SATA, подключать реальные приводы DVD и ISO-образы, любые устройства USB. На ВМ отлично работают практически все программы, в том числе и для восстановления данных. Словом, если вы освоите ВМ, то получите удобный и совершенно безопасный полигон для экспериментов. Согласитесь, что лучше «издеваться» над виртуальным диском, чем над живым, пусть и стареньким, винчестером!

Опыт 1. «Мессия очищает диск»

В качестве заголовка невольно пришло на ум название одного из романов Г. Л. Олди. Для чистоты экспериментов полностью удалим с подопытного винчестера логические структуры и заполним все секторы нулями.

1. Запустите HEX-редактор, например, WinHex. Откройте в нем «подопытный» диск как физический носитель (см. рис. 2.6).
2. Выделите все содержимое диска: командой меню **Edit | Select All** (Редактировать | Выбрать все) или сочетанием клавиш <Ctrl>+<A>.
3. Выберите команду меню **Edit | Fill Block** (Редактировать | Заполнить блок) или сочетание клавиш <Ctrl>+<L>. В соответствующее поле открывшегося диалогового окна введите десятично-шестнадцатеричное значение 00, которое будет вноситься во все выделенные блоки, и нажмите кнопку **OK** (рис. 2.11).

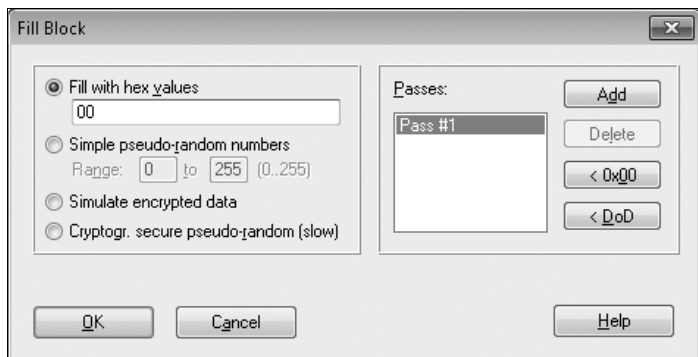


Рис. 2.11. Заполнение блоков указанными значениями

4. Программа трижды предупредит, что данные сразу записываются на диск, операция необратима, а разделы после редактирования могут стать недоступными. Но это нам и нужно! Подтвердите выполнение операции.
5. Перезагрузите компьютер (или виртуальную машину, если вы экспериментируете на ней). Windows кеширует сведения о диске. Перезагрузка нужна, чтобы обновить их перед продолжением экспериментов.

Теперь перед вами девственно чистый диск. Примерно в таком состоянии он выходит с завода.

Опыт 2. Инициализация

Сейчас получим ответ на вопрос, который наверняка у вас уже назрел. Когда и откуда появится на диске главная загрузочная запись (MBR) или GPT на диске, на котором никаких разделов еще не создано?

1. Откройте консоль **Управление компьютером**, для чего щелкните правой кнопкой мыши на значке **Компьютер** и в контекстном меню выберите команду **Управление**.
2. Перейдите к оснастке **Запоминающие устройства | Управление дисками**. Как только вы откроете оснастку, система сообщит, что нужно проинициализировать диск (рис. 2.12). Обратите внимание: оснастка правильно показывает объем диска, но пока сообщает, что на диске **Нет данных**, и он **Не проинициализирован**.
3. В диалоговом окне **Инициализация дисков** установите переключатель в нужное положение. Например, выберите вариант **Основная загрузочная запись (MBR — Master Boot Record)**. Нажмите кнопку **ОК**.

Диск будет проинициализирован — Windows создаст на нем ту структуру, которую вы выбрали в диалоговом окне **Инициализация дисков**.

Теперь в оснастке **Управление дисками** о диске говорится, что он **Основной и В сети** (рис. 2.13). Насчет «сети» — оплошность перевода. Имеется в виду Online, т. е. подключен, «на линии». Пространство на диске еще не распределено — разделов на нем нет.

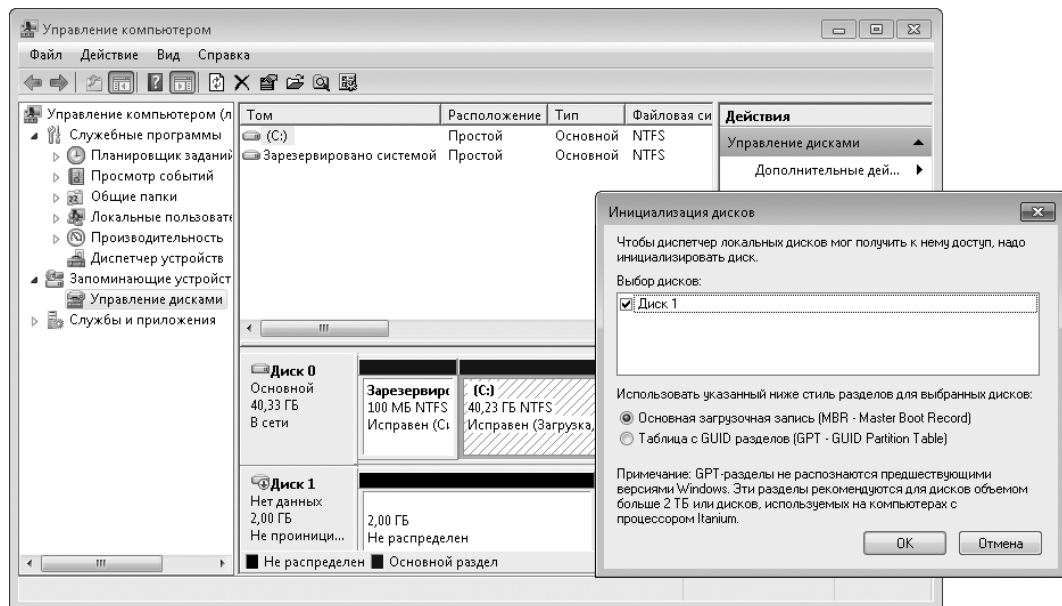


Рис. 2.12. Инициализация диска

При желании вы можете щелкнуть правой кнопкой мыши на значке диска и с помощью контекстного меню преобразовать его в GPT-диск (см. рис. 2.13). Наоборот, диск с GPT можно преобразовать обратно в диск с MBR.

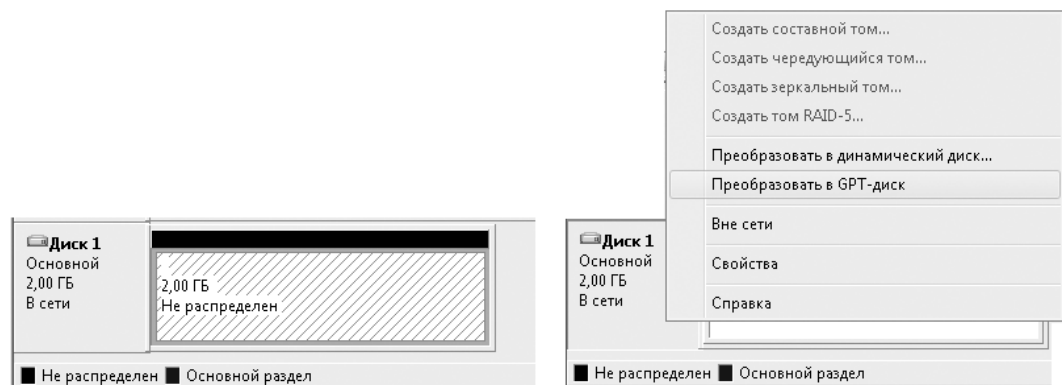


Рис. 2.13. Диск инициализирован

Откройте диск в HEX-редакторе. Вы увидите, что в начальном секторе появилась структура MBR. Уже есть код загрузчика в адресах 0000–01BE и сигнатура AA55 по адресу 01FE–01FF. Записи таблицы разделов пока пусты. Закройте редактор.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ВЫВОД

Если вы подключили диск для «лечения» и система предлагает его инициализировать — откажитесь от такого предложения! Зачем затирать и переписывать остатки

разрушенной главной загрузочной записи? Программы для восстановления данных и так воспримут этот диск, ведь они считывают все секторы, в том числе и первый.

Опыт 3. Разделы

Теперь создадим на диске разделы. Наша задача — увидеть, как изменяется MBR и что вообще появляется при этом на диске.

ПРИМЕЧАНИЕ

В терминах Windows в данном случае *раздел* называется *простым томом*. Том (Volume) и раздел (Partition) — не совсем одно и то же (том может быть составлен из нескольких разделов), но для нас это пока несущественно. Точно так же *диск*ом мы обычно будем называть раздел, на котором присутствует файловая система.

- 1. Создайте на диске раздел — в оснастке **Управление дисками** щелкните правой кнопкой мыши на нераспределенном пространстве и выберите команду **Создать простой том**. Запустится мастер создания простых томов.
- 2. На втором шаге мастера задайте размер раздела в мегабайтах. Пусть он занимает треть или четверть диска.
- 3. Затем вы можете назначить букву диска либо отказаться от присвоения ему буквы — в нашем случае это не играет никакой роли.
- 4. На четвертом шаге мастера предлагается указать файловую систему, в которой должен быть отформатирован создаваемый раздел. Для наглядности выберите вариант **Не форматировать данный том**, и на диске будет создан «пустой», не-отформатированный, раздел.

Раздел отобразится в оснастке **Управление дисками** (рис. 2.14). В папке Компьютер он не появится — ведь на нем еще нет файловой системы.

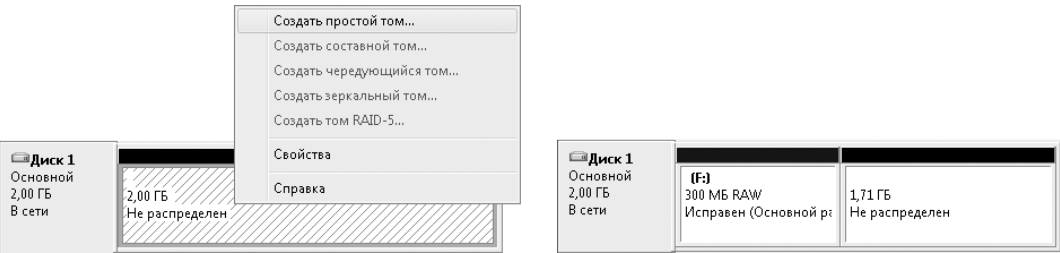


Рис. 2.14. Создаем на диске раздел

Строго говоря, создание раздела и его форматирование — две самостоятельных операции. Просто мастер, создав раздел, тут же предлагает его отформатировать.

- 5. Откройте диск в HEX-редакторе. Посмотрите, какая запись появилась в MBR (адреса с 01BE по 01CD). Попробуйте разобраться в значении и назначении каждого ее байта, сверяясь с табл. 2.2.

6. Скопируйте содержимое этих байтов и вставьте, например, в Блокнот. Сохраните текстовый файл — он пригодится чуть позже.
7. Заполните адреса с 01BE по 01CD нулями, вводя их с клавиатуры. Пока это лишь «наметка» — работа идет в памяти редактора, а реально в секторы диска изменения не записываются.
8. Выберите в HEX-редакторе команду меню **File | Save Sectors** (Файл | Сохранить секторы). Теперь внесенные вами значения действительно запишутся на диск.

По идее, сейчас нужно перезагрузить компьютер, чтобы система обновила сведения о диске. Однако если вам лень каждый раз выполнять перезагрузку, можно поступить иначе.

1. В оснастке **Управление дисками** щелкните правой кнопкой мыши на значке диска и выберите команду **Вне сети**. Диск отключится.
2. Вновь щелкните правой кнопкой мыши на значке диска и выберите команду **В сети**. Диск снова подключится.

Подобное отключение и последующее подключение диска заменяет перезагрузку всей системы. После такой манипуляции в оснастке сразу отобразится действительное положение вещей.

Вы увидите, что раздел с диска пропал. Это и понятно — исчезла запись таблицы разделов в MBR, а система берет сведения о разделах именно оттуда.

Вы можете поэкспериментировать и дальше. Например, откройте диск в HEX-редакторе и вручную восстановите запись таблицы разделов. Нужные значения байтов есть в текстовом файле, который вы сохранили. Убедитесь с помощью оснастки **Управление дисками**, что раздел появился на прежнем месте.

Файловые системы FAT

Следующий за разделами уровень логической организации дисков — файловые системы. Во множественном числе, потому что внутри каждого раздела создается своя файловая система. Структуры файловых систем создаются средствами операционной системы или других программ при форматировании разделов.

Файловую систему (ФС) можно рассматривать как базу данных. В ней перечисляются хранящиеся на диске файлы, и каждый файл представляется совокупностью атрибутов. Как минимум, одним из атрибутов является имя файла, а другим — адреса тех областей диска, в которых он находится. При размещении файлов файловая система оперирует не отдельными секторами, а целыми *кластерами* — группами из нескольких секторов, идущих подряд. Размер кластера задается однажды при записи ФС на диск (форматировании раздела) и кратен степеням числа 2 (2 сектора, 4 сектора, 8 секторов и т. д.).

Другими атрибутами файлов являются дата и время создания, доступа и такие параметры, как, например, «скрытый», «только для чтения» и т. д. Папки (каталоги, или директории) — особый вид файлов: содержанием папки являются сведения о том, какие файлы в ней находятся.

Версии и принцип устройства FAT

Записи файловой системы всегда начинаются в первом секторе раздела. На дисках, картах памяти и флеш-дисках USB разделов нет, и здесь ФС начинается с первого сектора самого диска. В нем расположена загрузочная запись (Boot Record) или загрузочный сектор (Boot Sector) ФС.

ПРИМЕЧАНИЕ

Вся логическая организация дисков изначально «заточена» под то, чтобы компьютеры с BIOS могли загружать с них ОС. Поэтому каждый уровень организации непременно начинается с коротких кодов программ-загрузчиков. Код завершается текстовыми сообщениями, которые загрузчик должен вывести на экран при сбое загрузки на данном этапе. В HEX-редакторе по характерным текстовым фрагментам очень легко найти MBR и начальные секторы разделов.

Записи файловой системы, как и таблицу разделов, можно просматривать и изменять с помощью HEX-редакторов. Правда, структуры ФС бывают довольно длинными, и разобраться в них лишь средствами бинарных редакторов далеко не так просто, как в MBR.

Файловая система FAT еще недавно применялась повсеместно. Сегодня в ней, как правило, форматируют только флеш-диски и карты памяти. Существуют четыре версии FAT:

- ❑ FAT12 — ФС для дискет. Это 12-битная версия. Она позволяет адресовать до 4084 кластеров, а максимальный размер тома составляет всего 32 Мбайт;
- ❑ FAT16 — 16-битная версия;
- ❑ FAT32 — следующая, 32-битная версия. Поддерживает «длинные» имена файлов;
- ❑ exFAT — последняя 64-битная версия FAT образца 2006 года. Она позволяет адресовать до 2^{64} байт (16 Эбайт) дискового пространства, а максимальный размер кластера увеличен до 2^{25} байт (32 Мбайт).

Файловая система exFAT является проприетарной, и компания Microsoft пока не спешит раскрывать ее технические детали. Скажем лишь, что в exFAT снят лимит на количество файлов в одном каталоге и добавлены дополнительные атрибуты для назначения прав доступа к файлам. Поскольку эта ФС предназначена в первую очередь для флеш-дисков, в ней улучшено распределение свободного места за счет введения бит-карты свободного места, что уменьшает фрагментацию диска.

FAT расшифровывается как File Allocation Table, таблица размещения файлов. Файловая система FAT образована четырьмя основными структурами:

- ❑ блок начальной загрузки (boot record), который находится в первом секторе раздела;
- ❑ таблица размещения файлов (File Allocation Table, FAT);
- ❑ резервная таблица размещения файлов (backup FAT). Она используется при обнаружении повреждений в основной таблице FAT;
- ❑ корневой каталог (root directory).

Дополнительной и необязательной структурой является запись FSINFO. Считывая ее, программа fsutil, одна из стандартных утилит Windows, получает статистику и другую информацию о файловой системе диска.

Блок начальной загрузки

Блок начальной загрузки (boot record) занимает ровно один сектор — 512 байтов. В FAT12 и FAT16 он состоит из 23 полей, а в FAT32 — из 30 полей. Первые 14 полей, расположенные в первых 36 байтах, едины для всех версий ФС, а следующие поля в FAT12/FAT16 и FAT32 различны.

Некоторые поля являются необязательными (дополнительными) и могут быть заполнены нулями. При этом в FAT12 и FAT16 дополнительными считаются все поля, лежащие после 36-го байта загрузочного сектора. Структура полей приведена в табл. 2.5–2.7. Все смещения представлены в шестнадцатеричном виде, как они и отображаются в HEX-редакторе.

Таблица 2.5. Начальные 36 байтов boot record

Начальное смещение	Длина, байт	Описание	Обязательность
0000	3	Команда перехода к загрузочному коду	Нет
0003	8	Имя OEM как текст ASCII	Нет
000B	2	Количество байтов в секторе. Допустимые значения: 512, 1024, 2048 или 4096	Да
000D	1	Количество секторов в кластере. Допустимые значения — степени 2. Размер кластера не должен превышать 32 Кбайт (64 сектора)	Да
000E	2	Число секторов зарезервированной области	Да
0010	1	Количество копий FAT. По умолчанию 2	Да
0011	2	Максимальное количество файлов в корневом каталоге для FAT12 и FAT16. В FAT16 оно обычно равно 512 (200h). В FAT32 поле равно 0	Да
0013	2	16-разрядное количество секторов в файловой системе. Если число секторов более 65535 (FFFFh), оно указывается в 32-разрядном поле (байты 0020h–0023h), а это поле равно нулю	Да*
0015	1	Код типа носителя. Для стационарных дисков он равен F8, для съемных — F0	Нет
0016	2	16-разрядный размер (в секторах) каждой копии FAT в FAT12 и FAT16. В FAT32 поле равно 0	Да
0018	2	Количество секторов на дорожке	Нет
001A	2	Количество головок	Нет
001C	4	Количество секторов перед началом раздела	Нет
0020	4	32-разрядное количество секторов в файловой системе. Либо это поле, либо 16-разрядное поле (байты 0013h–0014h) должно быть равно нулю	Да*

Таблица 2.6. Продолжение boot record (FAT12 и FAT16)

Начальное смещение	Длина, байт	Описание	Обязательность
0024	1	Номер диска BIOS INT13h	Нет
0025	1	Не используется	Нет
0026	1	Сигнатура (29) показывает, действительны ли следующие три значения	Нет
0027	4	Серийный номер тома	Нет
002B	10	Метка тома как текст ASCII. Назначается пользователем при создании файловой системы	Нет
0036	8	Метка типа файловой системы как текст ASCII. Стандартные значения: «FAT», «FAT12» и «FAT16», но ни одно из них не является обязательным	Нет
003E	448	Не используется (зарезервировано для расширений загрузочного кода и сообщений)	Нет
01FE	2	Сигнатура (AA55)	Нет

Таблица 2.7. Продолжение boot record (FAT32)

Начальное смещение	Длина, байт	Описание	Обязательность
0024	4	32-разрядный размер одной копии FAT (число секторов)	Да
0028	2	Режим обновления нескольких структур FAT. Если бит 7 равен 1, активна только одна копия FAT, индекс которой определяется разрядами 0–3. В противном случае все структуры FAT являются зеркальными копиями друг друга	Да
002A	2	Основной и дополнительный номер версии	Да
002C	4	Номер кластера, в котором находится корневой каталог	Да
0030	2	Номер сектора, в котором находится структура FSINFO	Нет
0032	2	Сектор, в котором находится резервная копия загрузочного сектора (по умолчанию 6)	Нет
0034	12	Не используется (зарезервировано)	Нет
0040	1	Номер диска BIOS INT13h	Нет
0041	1	Не используется	Нет
0042	1	Сигнатура (29) показывает, действительны ли следующие три значения	Нет
0043	4	Серийный номер тома	Нет
0047	10	Метка тома как текст ASCII. Назначается пользователем при создании файловой системы	Нет

Таблица 2.7 (окончание)

Начальное смещение	Длина, байт	Описание	Обязательность
0052	8	Метка типа файловой системы как текст ASCII. Стандартное значение — «FAT32», но оно не является обязательным	Нет
005A	420	Не используется (зарезервировано для расширений загрузочного кода и сообщений)	Нет
01FE	2	Сигнатура (AA55)	Нет

Таким образом, блок начальной загрузки обязательно содержит основные сведения о ФС: размер сектора, размер кластера, а также число секторов, охваченных файловой системой. Кроме того, в FAT32 блок начальной загрузки обязательно указывает на расположение корневого каталога.

Таблица размещения файлов

От блока начальной загрузки переходим к *таблице размещения файлов* (FAT). Обычно она существует в двух идентичных копиях. Количество копий (1 или 2) указано в загрузочном секторе (поле 0010). Первая копия FAT начинается после зарезервированных секторов, размер которых указывается в поле 000E загрузочного сектора. Размер каждой копии FAT также хранится в загрузочном секторе (в FAT32 это содержимое поля 0024). Вторая копия FAT, если она существует, начинается в следующем секторе за первой копией.

Таблица состоит из записей одинакового размера. Нумерация записей начинается с 0, и каждая запись соответствует кластеру с тем же номером (адресом). Длина каждой записи зависит от версии файловой системы. В FAT12 используются 12-разрядные, в FAT16 — 16-разрядные, а в FAT32 — 32-разрядные записи.

Если кластер еще ни разу не использовался и свободен, его запись заполнена нулями. Записи хотя бы однажды выделявшихся кластеров отличны от нуля и содержат адрес следующего кластера в файле или каталоге. Если кластер завершает цепочку файла или каталога, его запись содержит маркер конца файла: в FAT 12 это любое значение больше FF8, в FAT 16 — FFF8 и в FAT32 — FFF. Если кластер помечен как поврежденный и не должен использоваться системой, его запись содержит значение FF7 в FAT12, FFF7 в FAT 16 или FFF FF7 в FAT32.

Заметим, что адресация кластеров файловой системы начинается с 2. Это значит, что записи 0 и 1 в структуре FAT не используются. Обычно в записи 0 хранится копия типа носителя, а в записи 1 — флаг обновления файловой системы.

Корневой каталог

За второй копией FAT следует *корневой каталог* (Root Directory). Он, как и FAT, состоит из записей фиксированной длины. В FAT32 размер записи равен 32 байтам. Каждая запись указывает на файл или директорию. Внутренняя структура записи приведена в табл. 2.8.

Таблица 2.8. Структура записи каталога

Смещение от начала записи	Длина, байт	Описание
0000	8	Имя файла или каталога
0008	3	Расширение
000B	1	Атрибуты файла
000C	10	Зарезервировано
0016	2	Время создания/модификации (в специальном формате)
0018	2	Дата создания/модификации (в специальном формате)
001A	2	Номер начального кластера
001C	4	Размер файла в байтах

Таким образом, запись каталога связывает имя файла с номером кластера, в котором записано начало этого файла. Запись каталога отсылает к записи о начале этого файла в FAT. Когда длина файла превышает размер кластера (а так обычно и бывает), продолжение файла пишется в следующие кластеры. Как правило, такие фрагменты идут не друг за другом, а разбросаны по всему диску (фрагментация диска). Таблица FAT связывает кластеры, хранящие фрагменты одного файла, в последовательную цепочку (рис. 2.15). В последнем звене цепочки указывается, что здесь конец файла.

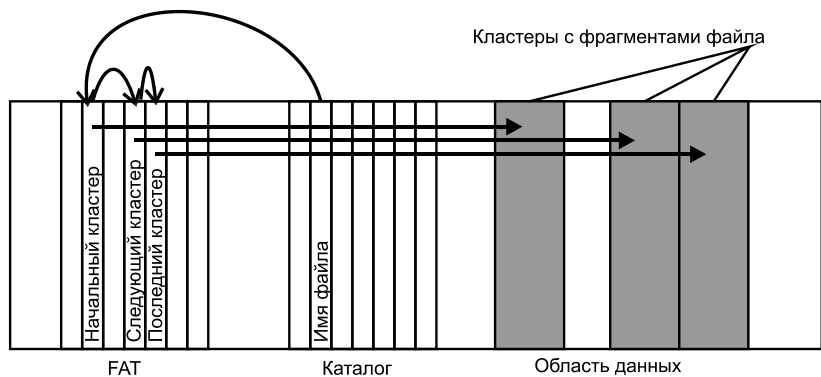


Рис. 2.15. Связь каталога, FAT и кластеров, содержащих файл

К приведенной схеме мы еще не раз вернемся, обсуждая случаи потери данных и способы восстановления. Хотя файловая система NTFS устроена гораздо сложнее, в силе остается тот же принцип. Записи ФС, ссылаясь друг на друга, приводят от имени файла к кластерам, где этот файл записан. И, наоборот, от кластера с каким-то содержимым они должны, в конечном счете, привести к имени файла и его положению в дереве каталогов!

Файловая система NTFS

Файловая система NTFS сейчас работает на винчестерах 90 % домашних и офисных компьютеров. В основе ее лежит главная файловая таблица (Master File Table, MFT). Это база данных, каждая запись которой соответствует файлу и содержит все атрибуты этого файла.

Атрибуты NTFS

В философии NTFS *атрибутами* файла считается буквально все: начиная от имени файла и заканчивая самым содержимым файла (если он невелик по размеру). Вне записей с атрибутами хранится только содержимое достаточно больших файлов.

Любой атрибут состоит из заголовка (header) и тела (body), т. е. значения, соответствующего этому заголовку. Атрибуты бывают *резидентными* (resident) и *нерезидентными* (non-resident). Резидентные атрибуты хранятся в MFT целиком. У нерезидентных атрибутов в MFT находится лишь заголовок со ссылкой на кластер диска, содержащий начало тела. Тело такого атрибута расположено вне MFT, в области файлов.

Диск NTFS условно делится на две части (рис. 2.16). 12 % от объема диска отводится под так называемую *зону MFT* — пространство, которое занимает файл \$MFT. Запись каких-либо других данных в эту область запрещена. MFT-зона всегда отводится для главной файловой таблицы (MFT), чтобы при своем увеличении она не фрагментировалась. Ближе к середине диска расположен дубликат начальных записей MFT.

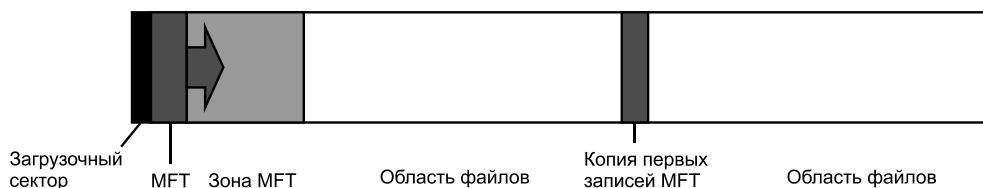


Рис. 2.16. Структура раздела NTFS

Остальные 88 % диска представляют собой обычное пространство для хранения файлов.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ВЫВОД

Заполнять диск NTFS более чем на 88 % от его видимого объема категорически не рекомендуется.

Служебные файлы NTFS

В секторе начальной загрузки указано положение сегментов данных MFT и зеркального файла MFT.

Файловая система NTFS образована десятью служебными файлами:

- ❑ \$MFT — таблица MFT;
- ❑ \$MFTmirr — резервная копия первых 16 записей MFT (Mirror record);
- ❑ \$LogFile — файл регистрации, или журнала;
- ❑ \$Volume — служебная информация (метка тома, версия файловой системы);
- ❑ \$AttrDef — список стандартных атрибутов файлов текущего тома;
- ❑ \$ — корневой каталог;
- ❑ \$Bitmap — карта свободного места тома;
- ❑ \$Boot — загрузочный сектор (если раздел загрузочный);
- ❑ \$Quota — файл, в котором записаны права пользователей на использование дискового пространства;
- ❑ \$Upcase — таблица соответствия символов Unicode в именах файлов на текущем томе.

Служебные файлы содержат таблицы занимаемых файлами кластеров и атрибутов файлов, историю транзакций (операций, проведенных с файлами), корневой каталог и т. д. Их имена начинаются с символа \$, а сами файлы просмотреть обычными средствами ОС невозможно.

Главная файловая таблица MFT — довольно большой файл. Первые 16 строк таблицы называются *метафайлами* и содержат служебную информацию о самой таблице. Начиная с семнадцатой, записи главной файловой таблицы используются собственно файлами и папками, которые тоже рассматриваются как файлы NTFS.

Журналирование — важное свойство NTFS. Любое действие с файлами (удаление, перемещение, копирование) рассматривается как *транзакция*. Транзакция либо совершается полностью и корректно, либо не совершается вообще. О выполняемой транзакции сначала делается запись в журнале (\$logfile).

Например, происходит запись данных на диск. Вдруг обнаруживается, что там, куда предполагается внести очередную порцию данных, запись невозможна — секторы повреждены физически. Транзакция записи откатывается целиком — система «знает», что действие не состоялось. Кластер помечается как сбойный (bad cluster), а данные записываются в другое место — начинается новая транзакция.

Благодаря дублированию записей MFT и журналированию, NTFS является отказоустойчивой файловой системой. Эти механизмы облегчают и восстановление данных в случае, когда логическая структура все-таки нарушилась.

Интересная особенность NTFS — наличие жестких и символьных ссылок. Несколько имен файлов могут быть связаны с одними и теми же кластерами, хранящими данные. За счет этого один файл может обладать разными псевдонимами (aliases), и в Windows 7 такая возможность активно используется.

Файловые системы EXT2 и EXT3

Операционные системы на ядре Linux, как правило, работают с разделами ext2 и ext3. Название ext2 буквально переводится как «вторая расширенная файловая сис-

тема». «Первой» была Extended File System (расширенная файловая система), сокращенно ext или extfs. Сегодня она устарела и практически вышла из употребления.

Файловая система ext2 считается одной из самых быстродействующих. Как и все в мире Open Source, она устроена предельно логично и прозрачно — того требует сама идея открытого кода и коллективного написания компонентов ОС и приложений.

Принцип строения ext2

Дисковое пространство делится на блоки фиксированного размера. Блок может состоять из 2, 4, 8 или 16 секторов (1024, 2048, 4096 или 8120 байтов). Размер блока задается при форматировании раздела в ext2. Все блоки имеют порядковые номера.

Для уменьшения фрагментации диска последовательно идущие блоки объединяются в группы. Каждая группа блоков организована одинаково. ФС ext2 состоит из шести основных структур:

- ☐ суперблока (Superblock);
- ☐ описания группы блоков (Group Descriptor);
- ☐ битовой карты блоков (Block Bitmap);
- ☐ битовой карты индексных дескрипторов (Inode Bitmap);
- ☐ таблицы индексных дескрипторов (Inode Table);
- ☐ данных (Data).

Суперблок начинается в секторе 3 от начала раздела и содержит общую информацию о файловой системе:

- ☐ общее число блоков и индексных дескрипторов в файловой системе;
- ☐ число свободных блоков и индексных дескрипторов в файловой системе;
- ☐ размер блока;
- ☐ число блоков и индексных дескрипторов в группе;
- ☐ размер индексного дескриптора;
- ☐ идентификатор файловой системы.

От целостности суперблока зависит исправность всей файловой системы. На случай повреждения суперблока ОС создает несколько его копий.

За суперблоком следует описание групп блоков (глобальная таблица дескрипторов). Таблица содержит общую информацию обо всех группах блоков раздела. Каждой группе блоков соответствует отдельная запись:

- ☐ номер блока, в котором расположена битовая карта блоков;
- ☐ номер блока, в котором расположена битовая карта inode;
- ☐ номер блока, в котором расположена таблица inode;
- ☐ число свободных блоков в группе;
- ☐ число inode, содержащих каталоги.

Битовая карта блоков — простая последовательность, в которой каждый бит показывает, отведен ли соответствующий ему блок какому-либо файлу. Если значение бита равно 0, то блок свободен, если 1, то блок занят. Так же устроена битовая карта индексных дескрипторов. Она показывает, какие именно индексные дескрипторы заняты, а какие нет.

Индексный дескриптор

Индексный дескриптор (информационный узел, information node, или inode) является основой файловой системы ext2. Это запись о физическом расположении и атрибутах каждого файла. Индексные дескрипторы составляют *таблицу индексных дескрипторов* (таблицу inode, inode table), которая находится в начале каждой группы блоков.

Для хранения адреса файла в индексном дескрипторе выделено 15 полей по 4 байта. В первых 12 полях перечисляются номера блоков, содержащих начало файла. Если файл занимает 12 блоков или меньше, то этим все и ограничивается.

Таким образом, все ссылки на кластеры маленьких файлов содержатся непосредственно в индексном дескрипторе. Что считать «маленьким» файлом, зависит от размера кластера. Если при форматировании раздела размер блока был установлен равным 1024 байта, то «маленькими» являются файлы размером до 12 Кбайт; при размере блока 8120 байтов границей становится уже 98 Кбайт.

Если файл занимает более 12 блоков, 13-е поле записи содержит адрес кластера, в котором перечислены номера следующих блоков файла. При размере блока 4096 байтов, в блоке, на который ссылается 13-й элемент, может быть записано до 1024 номеров следующих кластеров файла. Это называют *косвенной адресацией*.

Если размер файла превышает $12 + 1024$ блоков, задействуется 14-е поле. В нем хранится номер блока, содержащего 1024 номеров блоков, каждый из которых хранит еще по 1024 номеров блоков данных файла. Наконец, если для файла требуется более $12 + 1024 + 1\,048\,576 = 1\,049\,612$ блоков, то используется последнее 15-е поле записи дескриптора. Подобная трехуровневая древовидная структура адресации позволяет, с одной стороны, очень быстро находить файлы небольшого размера, с другой стороны, максимальный размер файла достигает 2 Тбайт.

Файловая система ext3

Файловая система ext3 является дальнейшим развитием ext2. Основным усовершенствованием является поддержка журналирования. Заметим, что использование журнала — лишь *возможность* файловой системы, но *обязанность* операционной системы компьютера!

В ОС Linux это декларируется совершенно явно. Монтировать в систему раздел ext3 можно и как раздел ext2, и как раздел ext3 — все зависит от параметров команды mount. В первом случае диск будет работать именно как раздел ext2, т. е. без использования журнала. При монтировании раздела как ext3 можно выбрать один из трех режимов журналирования: от writeback (записываются только метаданные файловой системы) до journal (полное журналирование как метаданных ФС, так и пользовательских данных).

Поскольку ОС Linux — не такой уж частый гость на компьютерах пользователей, задача восстановления информации с дисков ext2 и ext3 возникала редко. Однако под управлением специализированных клонов Linux и FreeBSD работают все без исключения сетевые хранилища данных (NAS). Сегодня такие устройства пришли в малый бизнес и даже в домашние сети. Скорее всего, потребность в восстановлении данных с дисков такого формата будет расти!

Файловые системы лазерных дисков

На лазерных дисках используются несколько другие файловые системы, чем на магнитных или полупроводниковых носителях. Возможно, это связано с историей создания лазерных дисков — первым их назначением было хранение и непрерывное воспроизведение аудио- и видеозаписей. Компьютерные (файловые) данные пришли на оптические носители чуть позже. Поэтому и дорожка на лазерных дисках непрерывная спиральная, и размер блока 2048 байтов.

Между «физикой» и «логикой»

От центра к периферии диск делится на несколько концентрических областей, или зон (рис. 2.17):

- прозрачная область посадки (фиксации), ложится на шпиндель привода;
- область калибровки мощности (PCA, Power Calibration Area) есть только на записываемых и перезаписываемых дисках. Это «мишень», по которой путем пробной записи выполняется автоматическая подстройка мощности записывающего лазера;

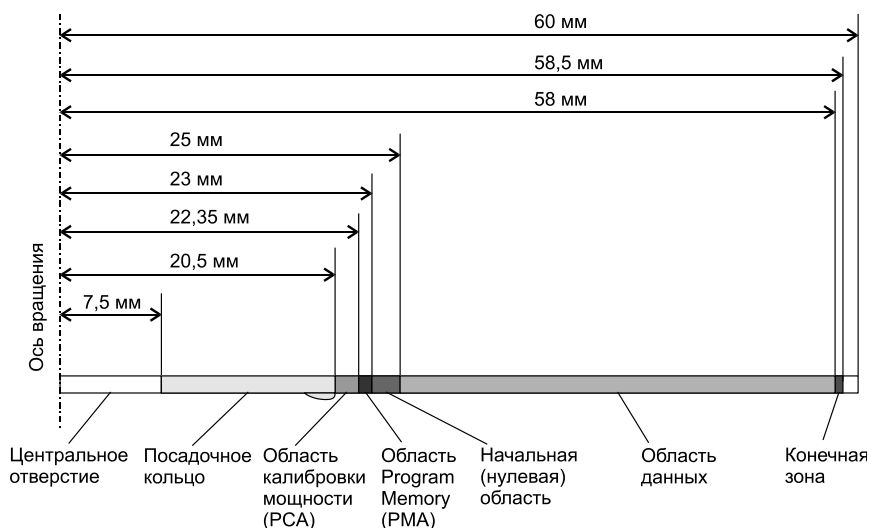


Рис. 2.17. Зоны лазерного диска

- программируемая область памяти (PMA, Program Memory Area) также существует только на записываемых дисках. В ней предварительно записывается вре-

менная таблица оглавления (TOC, Table of Content). По завершении сеанса записи ее информация переписывается на нулевую дорожку;

- нулевая дорожка (Lead-In) содержит оглавление диска или сеанса записи. Оглавление включает в себя начальные адреса и длины всех дорожек, общую длину области данных и информацию о каждом из сеансов записи. Если диск записывается в несколько сеансов, своя нулевая дорожка создается для каждого из сеансов. Стандартный размер нулевой дорожки дисков CD-R и CD-RW — 4500 секторов, или около 9,2 мегабайтов данных;
- область данных несет пользовательскую информацию. Это основная часть диска;
- конечная зона (Lead-Out) является маркером конца сеанса записи. Если диск записан в один сеанс, размер конечной зоны составляет 6750 секторов. Если диск записывался в несколько сеансов, для каждого последующего сеанса создается своя конечная зона размером 2250 секторов.

На дисках уменьшенного диаметра (84 мм) и «визитках» (51 мм) внутренние области точно такие же, а конечная зона так же начинается за 2 мм от внешнего края.

Информация на компакт-диске является многократно избыточной. Это необходимо для коррекции возможных ошибок. Хотя считается, что емкость диска CD-ROM составляет около 700 мегабайтов, фактически такой диск несет около 2,5 Гбайт информации! Иначе говоря, каждый байт продублирован еще дважды.

Спиральная дорожка разделена на секторы равной длины. Длина одного сектора CD-ROM составляет 17,33 мм, а на стандартном диске помещается до 333 000 секторов. Для диска DVD стандартное число секторов составляет 2 298 496 (однослойный DVD, DVD-R(W) или 2 295 104 (однослойный DVD+R(W)).

Каждый сектор делится на 98 блоков, или фреймов (frames). Фрейм содержит 33 байта информации, из которых 24 байта несут полезные данные, 1 байт содержит служебную информацию, а 8 байтов служат для контроля четности и коррекции ошибок. Эти 8 байтов содержат так называемый код *Рида-Соломона*, вычисляемый на основании 24 полезных байтов.

Таким образом, в каждом секторе из 3234 байтов избыточными являются 882. По ним микропрограмма привода способна воссоздать истинные значения остальных 2352 байтов в случае возникновения ошибок. Более того, из оставшихся 2352 байтов 304 байта отведены для синхронизирующих кодов, битов идентификации, кода коррекции ошибок ECC и кода обнаружения и исправления ошибок EDC. В результате в одном секторе полезными являются 2048 байтов.

Чтобы минимизировать влияние царапин и других физических дефектов, используется перекрестное чередование блоков между смежными секторами. Благодаря этому любой ограниченный дефект, скорее всего, затронет блоки, относящиеся к разным секторам, но не захватит два или три последовательно идущих блока. Такая коррекция ошибок может оказаться весьма эффективной.

Физически на диск записываются последовательности «темных» и «светлых» участков, получаемые в результате EFM-модуляции. Eight-to-Fourteen Modulation — более низкий уровень дублирования информации. Вместо каждого байта,

т. е. 8 битов, записывается последовательность из 14 битов. К ним добавляются по три объединяющих бита (merge bits), и длина последовательности возрастает до 17 битов. В начало каждого блока добавляется 24 бита синхронизации.

Схематично описанные здесь алгоритмы являются стандартными и заложены в микропрограмму любого привода. При чтении диска прошивка дискового «на лету» исправляет ошибки физического уровня и выдает через интерфейс уже стандартные логические секторы размером по 2048 байтов.

Даже совершенно новый записываемый диск не является абсолютно пустым — на нем уже есть служебная дорожка с сервометками ATIP (Absolute Time In Pregroove, абсолютное время в предварительно размеченной дорожке). Словом groove когда-то называли спиральную звуковую канавку на виниловом диске.

На лазерном диске служебная дорожка в основном нужна для системы позиционирования. Последняя удерживает луч лазера на дорожке и следит за скоростью записи. Служебная дорожка также содержит информацию о производителе диска, материале записываемого слоя, длине дорожки для записи и т. д. При записи данных на диск служебная дорожка не затрагивается.

Сведения со служебной дорожки можно просмотреть с помощью многих программ, например, Nero Info Tool (рис. 2.18) из стандартного пакета Nero или других диагностических утилит. Некоторые системы защиты от копирования используют сервометки ATIP, чтобы отличить оригинал от копии.

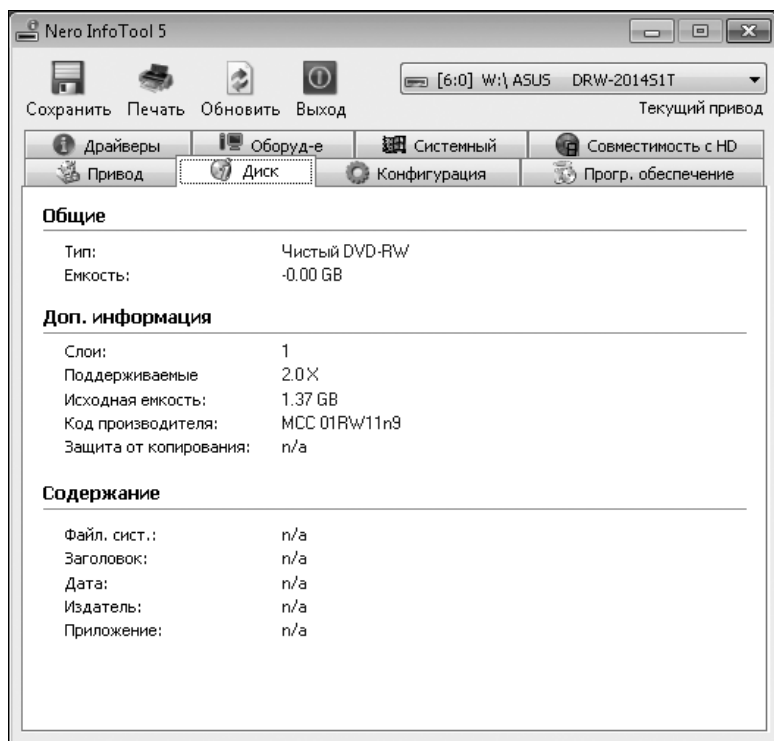


Рис. 2.18. Информация о чистом диске в Nero Info Tool

На примере лазерных дисков четко прослеживается соотношение между «физикой» и «логикой» хранения данных. Все, что происходит внутри накопителя, мы условились считать «аппаратным уровнем». Однако из приведенного примера ясно, что микропрограмма привода получает данные с поверхности диска в одном формате, преобразует и выдает их в интерфейс SATA или IDE совершенно в другом виде. Так что граница между «аппаратным» и «логическим» уровнями весьма условна!

ПРАКТИЧЕСКИЙ ВЫВОД

Если микропрограмма, пользуясь стандартным алгоритмом, не смогла компенсировать физически обусловленные потери информации на уровне поверхности диска, то никакие другие алгоритмы уже не помогут! Другое дело, что датчики и оптика некоторых приводов бывают способны различить «темные» и «светлые» участки на дефектных дисках даже там, где другие спасовали. На этом и основана идея многократного чтения и подбора «удачного» дискового CD или DVD.

Файловая система ISO 9660

Базовый стандарт файловой системы для дисков CD-ROM — ISO 9660 (ECMA-119). В терминах этой файловой системы дорожка называется *томом*. Том делится на логические секторы по 2048 байтов. В начале тома расположена системная область длиной 15 секторов. В ней хранятся дескрипторы тома и загрузочная запись. С 16-го сектора начинается область данных, которая продолжается до конца дорожки. Внутри тома (в области данных) находятся собственно данные:

- ☐ разделы тома;
- ☐ таблицы путей;
- ☐ дескрипторы каталогов;
- ☐ каталоги;
- ☐ сами файлы.

Таким образом, файлы образуют древовидную структуру каталогов. Для ускорения поиска файлов для каждого каталога создается также таблица путей (Path Table). Она содержит адрес экстенда (файла или каталога), длину записи расширенных атрибутов, номер родительского каталога и идентификатор каталога.

Каждый каталог получает номер, причем корневому каталогу присваивается номер 1. Каталоги в таблице путей сортируются по уровням иерархии (вложенности), далее — по возрастанию номера родительского каталога и, наконец, по идентификатору каталога в алфавитном порядке. Таблицы хранятся в двух вариантах (LSB и MSB) и могут существовать в двух копиях. Это повышает степень устойчивости данных.

Согласно стандарту, оглавление отсортировано в алфавитном порядке, каталоги находятся в его начале, вне зависимости от реального расположения файлов на диске. Сортировка внутри каталога также происходит по именам файлов. Чтобы диски могли читаться различными операционными системами, внутри стандарта ISO 9660 предусмотрены три уровня совместимости.

- ❑ Level 1. Совместимость с MS-DOS: длина имени файла или каталога до 8 символов, длина полного пути к файлу — до 256 символов, а глубина вложенности папок и файлов не превышает восьми. Каждый файл на диске должен быть непрерывным.
- ❑ Level 2. Совместимость с операционной системой Windows 95/98. Разрешены имена файлов длиной до 30 символов, не считая точки и расширения.
- ❑ Level 3. Файл может состоять из нескольких фрагментов. С дисками, файловая система которых соответствует этому уровню, могут работать только операционные системы Windows 2000/XP/Vista/7 и некоторые системы Linux.

Стандарт ISO 9660 предусматривает и работу с перезаписываемыми носителями. Запись на записываемых и перезаписываемых дисках может осуществляться в несколько приемов (сессий). Сначала в зоне PMA создается таблица оглавления (Table of Content, TOC). При закрытии сессии она переписывается на нулевую дорожку.

Таблица оглавления (TOC) содержит указания на размещение записей файловой системы. При быстром стирании перезаписываемого диска стирается только она, а файлы в области данных не затрагиваются. Возможность восстановления данных после нечаянного стирания диска основана именно на этом.

Расширения ISO 9660

За более чем 20-летнюю историю своего существования стандарт ISO 9660 неоднократно обновлялся. На диски DVD и Blu-ray он распространился автоматически. Важно, что обновление спецификаций шло исключительно по пути их дополнения и расширения. Все новые возможности появлялись за счет добавления новых структур, чтобы совместимость со старыми ОС и приложениями оставалась полной.

Rock Ridge Interchange Protocol — расширение файловой системы ISO 9660, дополняющее список допустимых атрибутов файлов и каталогов. Эта файловая система полностью поддерживается операционной системой UNIX. На компьютерах с операционной системой Windows такие диски могут читаться, но с некоторыми ограничениями (ограничение касается длинных имен файлов).

Стандарт Joliet был разработан корпорацией Microsoft и также является расширением файловой системы ISO 9660. В этой спецификации обходится ряд ограничений, ранее наложенных стандартом ISO 9660 на длину имен и вложенность каталогов. Имена файлов и каталогов записываются двухбайтовыми символами Unicode. Таблицы Unicode хранятся в отдельном дополнительном заголовке. Старые программы его игнорируют, читая лишь основной заголовок.

Спецификация El Torito определяет формат загрузочной записи, находящейся среди дескрипторов тома файловой системы ISO 9660, и ее интерпретацию в BIOS. Диски с такой загрузочной записью при загрузке с них компьютера эмулируют один из стандартных типов носителей, например, дискету или винчестер. В остальном на загрузочных дисках используется все та же файловая система ISO 9660.

Файловая система UDF

UDF (Universal Data Format) — другая файловая система для лазерных дисков. Она может использоваться на перезаписываемых дисках: CD-RW, DVD-RW, DVD-RAM. Идея — обеспечить работу с перезаписываемыми лазерными дисками как с винчестерами или флеш-дисками, т. е. предоставить пользователю возможность произвольно записывать и стирать файлы и каталоги.

Файловая система UDF тесно связана с *пакетной записью*. Первый, «старый» способ записи предполагал предварительное создание полного образа всего диска или одной сессии. Затем этот образ прожигался на диск за одно включение лазера методами TAO (Track-At-Once, дорожка за раз), DAO (Disc-At-Once, диск за раз) либо SAO (Session-At-Once, сессия за раз).

Принцип пакетной записи заключается в том, что на диске предварительно размечаются области постоянной или переменной длины. Затем в них по мере необходимости записываются пакеты данных, каждый из которых начинается заголовком и содержит файл или часть файла. В результате каждый файл или фрагмент файла хранится в отдельном пакете вместе со своим описанием и может быть стерт или перезаписан независимо от других. При стирании или записи очередных пакетов область с оглавлениями всякий раз считывается, модифицируется в памяти компьютера, стирается с диска и записывается заново уже в обновленном виде.

Для работы с UDF требуется поддержка пакетной записи и чтения на уровне микропрограммы привода. В операционной системе должны быть установлены драйвер UDF и программа для пакетной записи. В устаревших ОС следует установить драйвер и программу сторонних разработчиков, например, компоненты пакетов Nero (InCD) или Roxio Creator (DirectCD).

В Windows Vista и Windows 7 для полноценной поддержки UDF имеется встроенный драйвер, а средство пакетной записи интегрировано в Проводник Windows (рис. 2.19). При этом вас может ввести в заблуждение выражение LFS (Live File System). «Живой файловой системой» разработчики Windows 7 для пущей наглядности называли реализацию последних версий файловой системы UDF. К LFS (log-structured file system, файловой системе структурированных логов для ОС BSD) и к сервису файла журнала (log file service, LFS в NTFS) эта аббревиатура имеет самое косвенное отношение!

Для совместимости на диске может записываться виртуальная таблица содержания VTOC ISO 9660 level 3, как это предусмотрено в спецификации UDF Bridge. Виртуальная таблица размещения VAT (Virtual Allocation Table) была введена в версии 1.50 файловой системы UDF. При отсутствии или повреждении этого элемента операционная система не может обнаружить файлы на диске.

Диски DVD-Video и DVD-Audio используют файловую систему micro-UDF (подмножество UDF, ISO 13346). Размер файла не должен превышать 1 Гбайт, а имена файлов могут иметь длину до 255 символов Unicode. Видеофайлы должны лежать в каталоге VIDEO_TS, аудио — AUDIO_TS. Для защиты от несанкционированного копирования диски DVD-Video и DVD-Audio могут шифроваться системой CSS. Спецификация UDF Bridge является комбинацией ISO 9660 и MicroUDF.

Хотя пакетная запись очень удобна с точки зрения конечного пользователя, в смысле надежности записи и сохранности данных она заметно уступает сессионному методу. Крис Касперски иронично назвал UDF «расплатой за бездумность». Ради переноса данных с компьютера на компьютер еще можно отформатировать DVD-RW в UDF (хотя сеть или флеш-диски еще удобнее и быстрее). Однако для закладки данных на длительное хранение рекомендуется записывать диски «по старинке», с помощью известных и проверенных программ наподобие Nero Burning ROM.

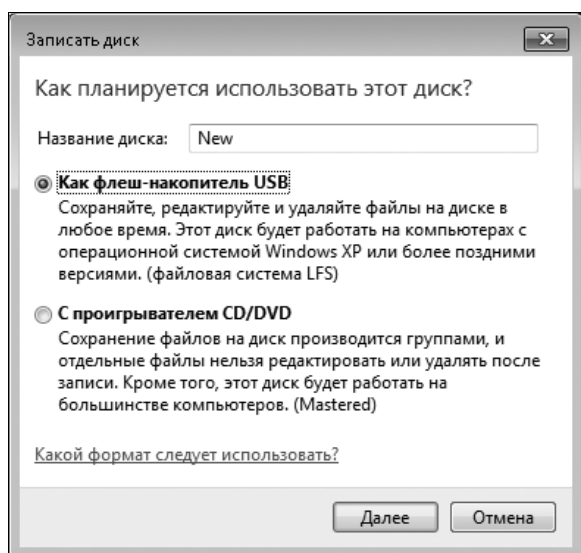


Рис. 2.19. Диалоговое окно автозапуска для чистого перезаписываемого диска DVD

Структура файлов

Файловая система в конечном счете указывает на размещение файлов в определенных секторах или кластерах (группах секторов). Чтобы завершить обзор логической структуры дисков, скажем, что каждый файл тоже обладает определенной внутренней структурой. Каждый программист строит файлы, как умеет, — четких стандартов здесь почти нет. Тем не менее, большинство стараются придерживаться некоторой общепринятой структуры:

- в начале файла должен находиться заголовок (header). Сам заголовок тоже обладает внутренней структурой:
 - заголовок начинается с двухбайтовой *сигнатуры*, или «магического числа». Сигнатура однозначно дает понять, что это за файл или какой программой он был создан. Например, EXE-файл всегда начинается с символов MZ, архив RAR содержит в своем коде сигнатуру RAR;
 - другие поля заголовка могут содержать информацию о размере файла, указывать смещения следующих компонентов и т. д.;

- ❑ далее в файле могут идти специфические для данного формата заголовки, например в файлах изображений указываются название алгоритма сжатия, глубина цвета, размеры изображения в пикселах и т. п.;
- ❑ в некоторых файлах могут присутствовать вспомогательные компоненты: палитра, кодовая таблица, внедренные данные шрифтов, макросов и т. д. В отдельных форматах, наподобие документов Microsoft Office или Corel, такие данные могут превышать по объему все прочее;
- ❑ файл также содержит и собственно пользовательские данные документа. В некоторых сложных документах такие данные организованы в виде цепочек или порций (chunks). В этом случае в заголовках даются ссылки на начало и размер каждой порции;
- ❑ указатель конца файла (EOF, End of File) или контрольная сумма (CRC) подтверждают целостность файла. Это необязательный компонент.

Если части файла находятся в указанных кластерах, с точки зрения ФС все в порядке. Однако о целостности файла в полной мере может судить только программа, предназначенная для работы с этим типом файлов. Файл либо открывается, как надо, либо не открывается. В случае исполняемых файлов последнее слово остается за компонентами ОС — программа либо выполняется, либо не запускается или прерывается с ошибкой.

Текстовые файлы

Текстовый файл — простейший тип. Традиционно каждый байт такого файла кодирует один символ из набора ASCII. Грубо говоря, один байт — один знак. Такой тип файлов не содержит ничего, кроме текста! В этом легко убедиться, открыв текстовый файл в HEX-редакторе.

Однако 8-битной кодировки явно недостаточно для обозначения всех символов всех алфавитов. Точнее, закодировать можно, но нужно прямо оговаривать кодовую страницу — символам какого алфавита соответствуют 8-битные коды в данном случае. Например, если текст сохранен в кодовой странице DOS-866, а вы открываете его в Блокноте, который работает с кодовой страницей Win-1251, вместо русских букв вы увидите «крякозябры».

В последнее время нормой стала кодировка Unicode, в которой для хранения одного символа используется 4 байта (32 бита). Программам не надо «думать» о кодовых страницах — набора Unicode с избытком хватит для кодирования всех живых и мертвых алфавитов. Так появились текстовые файлы в кодировке Unicode: четыре байта — один знак.

Разные представления Unicode отличаются числом битов, задействованных в кодировании символа (UTF-8, UTF-16, UTF-32), а также порядком байтов: big endian (BE) — старший байт записан перед младшим, little endian (LE) — обратный порядок. Для относительной совместимости со старыми ОС и программами применяется такое представление кодировки Unicode, как UTF-8. В тексте UTF-8 любой байт со значением меньше 128 изображает символ ASCII с тем же кодом. Блокнот Windows 7 позволяет сохранять текстовые файлы в одной из четырех кодировок на выбор (рис. 2.20).

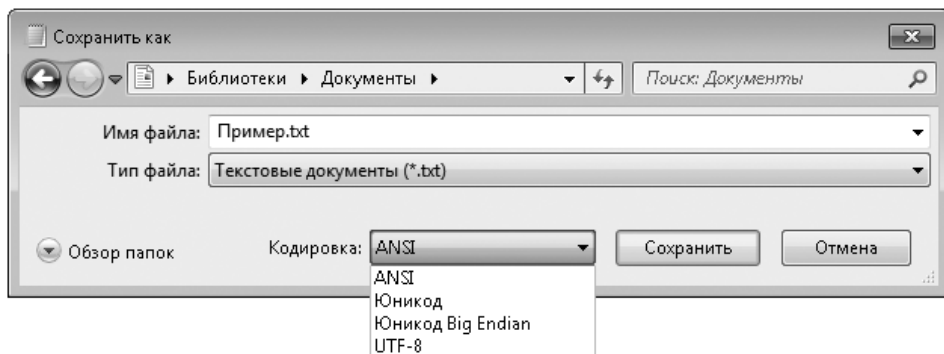


Рис. 2.20. Выбор кодировки при сохранении текстового файла (Блокнот Windows 7)

Текстовые файлы в кодировке Unicode UTF-8 содержат в самом начале последовательность EF BB BF. Это метка порядка байтов (Byte Order Mark, BOM), иначе называемая сигнатурой файла UTF-8.

Если файл сохранен в других представлениях Unicode, и сигнатуры будут другими:

- ❑ UTF-16BE — FE FF;
- ❑ UTF-16LE — FF FE;
- ❑ UTF-32BE — 00 00 FE FF;
- ❑ UTF-32LE — FF FE 00 00.

Благодаря сигнатурам программы при открытии таких файлов правильно интерпретируют значения последующих байтов. Если же сигнатуры нет, это файл либо в 8-битной кодировке, либо в UTF-16BE или UTF-32BE.

Исполняемые файлы

Структура исполняемых двоичных файлов всецело зависит от того, для какой ОС эти программы предназначены. В качестве примера возьмем исполняемый файл с расширением exe для ОС Microsoft Windows.

Любой такой файл начинается с последовательности байт 4D 5A (MZ в представлении ASCII) — это сигнатура EXE-файлов Windows. В ней увековечены инициалы одного из разработчиков ОС MS-DOS 2.0 Марка Збиковски, а выбрана была она потому, что ни одна из инструкций процессоров семейства Intel x86 не начинается с такого кода!

Первые 128 байтов файла представляют собой простейшую программу MS-DOS. При попытке запустить исполняемый файл Windows в среде MS-DOS она выведет на экран сообщение: **This program cannot be run in DOS mode**. Станет ясно, что эту программу в среде DOS выполнить нельзя. Сегодня такой заголовок уже стал данью традиции, но присутствовать он должен все равно. По характерной строке (она представлена в кодировке ASCII) очень легко узнать исполняемые файлы при просмотре содержимого диска в любом HEX-редакторе.

Далее следует сам откомпилированный программный код. Очень часто он бывает еще и сжат одним из упаковщиков, и в HEX-редакторе вы вряд ли увидите что-либо вразумительное.

Изображения

Большинство форматов файлов изображений являются открытыми стандартами. Подробные описания структуры таких файлов можно найти на сайте <http://open-file.ru>, а также во многих других источниках.

В качестве примера откроем в редакторе Hexplore файл рисунка в формате BMP. Файл начинается с сигнатуры 42 4D — в ASCII-интерпретации это буквы BM. BMP-файл состоит из четырех частей:

- заголовка файла (BITMAPFILEHEADER) — его длина составляет 54 байта;
- заголовка изображения (BITMAPINFOHEADER) — это необязательный компонент, он может отсутствовать;
- палитры, которая также может отсутствовать;
- самого изображения — каждый байт кодирует одну точку рисунка.

Чтобы исследовать заголовок, вызовите команду меню **Structures | BMP Header** (Структуры | Заголовок BMP). В дочернем окне откроется список полей заголовка — начало последовательности интерпретируется именно как стандартный заголовок файла BMP (рис. 2.21). Поле, выбранное в окне **Structure Viewer** (Просмотрщик структуры), одновременно подсвечивается в главном окне программы.

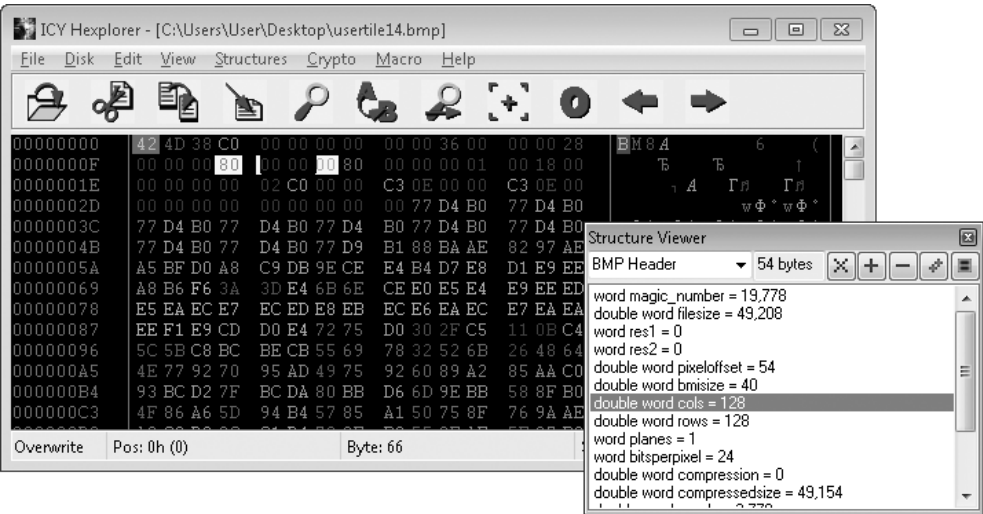


Рис. 2.21. Просмотр структуры заголовка BMP

По умолчанию значения полей отображаются в десятичном виде. При желании вы можете выбрать и другие представления, нажав кнопку **Radix** (Основание системы счисления) на панели инструментов окна **Structure Viewer**. Из заголовка сле-

дует, что ширина рисунка (**double word cols**) равна 128 точкам, а высота (**double word rows**) — тоже 128 точкам (строкам). Глубина цвета (**word bitsperpixel**) равняется 24 битам, а сжатие не используется (**double word compression = 0**).

Программа Hexplorer располагает одним специфическим инструментом. Выберите в главном окне команду меню **View | Pixel View** (Просмотр | Просмотр пикселей). Откроется еще одно дочернее окно, в котором содержимое файла интерпретируется как точечный рисунок (bitmap).

Возможно, сначала вы увидите просто мешанину точек (рис. 2.22). Однако раньше мы выяснили, каковы должны быть размеры изображения. Задайте ширину рисунка в поле **columns** (колонки) и нажмите кнопку **Set** (Установить). Здравствуй, киса!

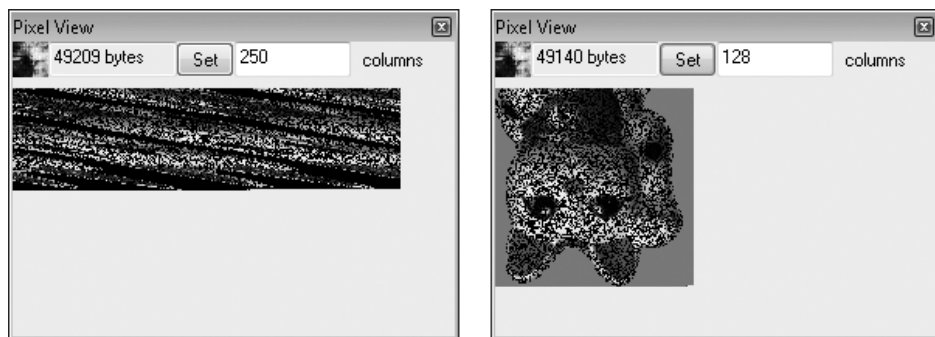


Рис. 2.22. Просмотр содержимого файла как точечного рисунка

Со сжатыми изображениями такая операция не пройдет. Тем не менее, с помощью HEX-редактора удастся выяснить сигнатуру файла и точно определить его формат. Скорее всего, в заголовке встретится и упоминание программы, создавшей файл. Такие сведения могут пригодиться при дальнейшем восстановлении поврежденного изображения.

Сложные документы

Наиболее сложной структурой обладают файлы, создаваемые офисными, графическими и дизайнерскими приложениями. Они могут содержать текст, векторную и растровую графику, а также обилие служебных данных. Попытки проанализировать такие файлы «на низком уровне» почти всегда обречены на провал.

Внутренняя структура файлов Microsoft Office отчасти напоминает файловые системы. Заголовок файла содержит ссылки на таблицы, которые в свою очередь ссылаются на блоки данных. Значительная часть таких блоков хранит служебную информацию: описания стилей, настройки документа, макросы и т. п. Изображения и другие фрагменты считаются внедренными объектами. Некоторые блоки представляют собой почти «чистый» текст Unicode. Благодаря этому становится возможным «восстановление текста из любого файла» — функция исправления ошибок, заложенная в приложения Microsoft Office.

«Контрольная сумма»

Логическая структура носителей информации — строгая иерархия. Старшим уровнем в ней выступает диск.

Раздел — непрерывная (состоящая из смежных блоков) область на диске, положение которой (адреса начала и конца или адрес начала и длина) описано в какой-либо таблице разделов. Пока предложено два типа таких таблиц: MBR и GPT.

На жестких дисках с MBR может быть не более 4-х разделов, а среди них не более одного расширенного (дополнительного) раздела. Диски с GPT способны нести до 128 разделов.

Для других носителей информации разбиение на разделы не предусмотрено или не практикуется — каждый из таких носителей система рассматривает как один раздел. Как исключение, при нестандартном форматировании флеш-дисков на них могут создаваться разделы, подобно жестким дискам.

Файловая система определяет расположение файлов внутри раздела. Файловых систем много, каждая из них обладает своими достоинствами и недостатками. В простейшем случае файловая система является таблицей соответствия между именем файла, номерами занимаемых им секторов и другими атрибутами файла.

Низший уровень иерархии — файл. Как ни удивительно, «академическое» определение этого понятия сформулировать пока не удастся! Поэтому ограничимся тем, которое дает Википедия (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Файл>): файл — это упорядоченная совокупность данных, хранящаяся на диске и занимающая поименованную область внешней памяти.

Простым универсальным инструментом для работы с любым уровнем логической структуры являются двоичные, или HEX-редакторы. Многие программы этого класса, например WinHex, содержат шаблоны для поиска и наглядного отображения типичных последовательностей. Из-за этого их можно по праву называть и дисковыми редакторами.

Зачем мы так подробно расписали последовательности байт со смещениями и назначение каждого блока в MBR и FAT? Скорее всего, вы будете работать в основном с мощными утилитами автоматического/полуавтоматического извлечения данных и лишь изредка станете обращаться к двоичным редакторам! Тем не менее, желательно понять, как устроены диски, почему данные могут теряться и чем именно занимаются рассматриваемые далее утилиты. Тогда вы осознанно подойдете к настройкам и параметрам восстановления и не будете требовать от программ невозможного.

Очень интересно и полезно хотя бы раз проследить путь от первого сектора диска до содержимого конкретного файла. Не исключено, что, посидев несколько часов над HEX-редактором и калькулятором (чтобы складывать адреса и относительные смещения), вы наконец разглядите на диске теоретически знакомые структуры. Все вдруг станет ясно, и можно будет воскликнуть, как малыш из анекдота: «Так вот какой ты, дедушка Ленин!».

ГЛАВА 3



Способы надежного хранения информации

Надежность чего-либо — понятие чисто статистическое. Мы вправе лишь сказать, что вероятность поломки одного из тысячи дисков в течение года составляет столько-то процентов. Однако никто не знает, какой именно винчестер сломается и в какой день.

Единственный способ уберечь информацию — держать ее копии на нескольких носителях одновременно. Достаточно, чтобы хотя бы один экземпляр из нескольких оставался цел в данный момент времени. Вероятность одновременного наступления ряда независимых событий равна произведению вероятностей каждого из них. Расчет не строго научный, но для практики вполне приемлемый!

Существуют два подхода:

- ☐ делать копии время от времени;
- ☐ записывать и считывать данные на нескольких носителях одновременно.

Первый способ принято называть *резервным копированием*: один носитель — «рабочий», а остальные хранят его копии разной степени давности. Недостаток резервного копирования в том, что любая копия уже устарела по сравнению с текущим состоянием рабочего экземпляра.

Однако в этом же и достоинство метода! Например, на «рабочем» носителе возникли смысловые ошибки. Пользователи или вредоносные программы удалили файлы или внесли в них изменения, ошибочные по смыслу. Формально вся информация цела, но это уже не та информация, которая нам нужна! Среди резервных же копий обычно находится хоть одна с неискаженным исходным вариантом данных.

Второй способ — синхронная работа нескольких носителей, дублирование в реальном времени. В простейшем случае это *зеркалирование* — два диска являются идентичными копиями друг друга. Они совершенно равноправны и равноценны. В более сложных вариантах каждый из нескольких дисков частично несет сами данные, а частично — коды коррекции ошибок для остальных дисков массива.

Одна проблема дублирования заключается в удорожании хранения единицы объема данных по сравнению с одиночным диском — при зеркалировании стоимость возрастает ровно вдвое, а при других вариантах несколько меньше. Другой

недостаток дублирования в том, что оно в принципе не способно защитить от смысловых ошибок.

Поэтому в ответственных случаях разумно сочетать оба метода. Пусть дублирование обеспечит текущую защиту данных, а резервное копирование даст возможность вернуться к одному из прежних состояний.

Резервное копирование

Самое простое резервное копирование — это самое простое копирование. *Резервным* оно становится лишь из-за цели — вы периодически копируете данные на другой носитель, чтобы вернуться к ним в случае аварии рабочего диска.

Перетаскивать папки мышью на другой диск умеет любой «чайник». Программы для записи лазерных дисков тоже осваиваются моментально. К сожалению, победу чаще одерживают лень и надежда на «авось». Несколько месяцев после очередной нашумевшей аварии люди все еще что-то копируют, но потом успокаиваются. По логике, все должно быть наоборот — чем дольше оборудование работает без проблем, тем скорее нужно ожидать неприятностей. Однако любой условный рефлекс без подкрепления затухает!

Простейшая автоматизация

Интереснее сохранять резервные копии в сжатом виде. С подобной задачей справится любой архиватор: WinZIP, WinRAR, 7-Zip.

Простейшая автоматизация — запуск архивирования с помощью командного файла. Например, создайте текстовый файл такого содержания:

```
cd D:\Programs\Winrar\  
winrar a -r F:\Reserv\base001.rar "E:\Базы 1С\База 001"
```

Сохраните файл под понятным именем и присвойте ему расширение bat или cmd. Пользователю достаточно запустить BAT-файл двойным щелчком мыши (лишь бы не забыл!), и резервное копирование будет выполнено автоматически. В первый раз архив создается, а при каждом последующем запуске его содержимое обновляется.

Однако существует железное правило: копий должно быть не меньше двух. Если авария рабочего диска произойдет во время обновления единственной копии, эта копия тоже будет испорчена, и мы останемся ни с чем. Стандартная тактика — постоянно держать одну еженедельную копию и одну ежедневную. В понедельник делается очередная ежедневная копия, а «пятничная» становится еженедельной, заменяя старую.

Иногда хочется получить целую серию резервных копий. Удобно упорядочивать их по времени создания. В таком случае поможет командный файл с использованием системных переменных, например, даты и времени.

```
set VDATE=%date%  
md C:\%VDATE%  
set VTIME=%time:~0,-3%
```



```
set VTIME=%VTIME:==.%  
cd D:\Programs\Winrar\  
winrar a -r F:\%VDATE%\%VTIME%.rar "E:\Базы 1С\База 001"
```

Такой сценарий создает на диске F: папку с именем текущей даты и сохраняет указанный объект в этой папке в архив с именем текущего времени. В результате набор архивов накапливается.

Отличный справочник по командным файлам и их параметрам собран, например, на странице <http://white55.narod.ru/cmd.html>, а о командах архиваторов рассказывается в их справке. Помните о том, что пути, содержащие имена с пробелами, нужно заключать в кавычки. Если имена содержат символы кириллицы, файл обязательно должен быть сохранен в кодировке DOS-866. Стандартный Блокнот Windows этого делать не умеет — пользуйтесь другими редакторами!

Стандартные средства Windows

ОС Windows располагает эффективными средствами архивирования данных. Для удобства конечного пользователя в Windows 7 принята единая концепция *прежних версий* файлов и папок. В нее входит и механизм *защиты системы* на основе *точек восстановления*, и *встроенное средство резервного копирования*.

Служба восстановления системы

Точка восстановления — архив, автоматически создаваемый перед каждым серьезным вмешательством в настройки ОС. В него включается стандартный, предопределенный набор объектов: файлы реестра, драйверы, содержимое профилей пользователей.

Технически архивы хранятся в скрытых системных защищенных папках Recovery и System Volume Information на том же диске, что и исходные объекты. Восстановление системы включается или отключается для тома в целом через вкладку **Защита системы** диалогового окна **Свойства системы**, а настраивается в дочернем диалоговом окне **Защита системы для <Диск>** (рис. 3.1).

Основная задача этого рода резервного копирования — восстановление рабочего состояния системы после непреднамеренных или опрометчивых действий пользователя. Тем не менее, служба способна помочь и в восстановлении пользовательских файлов (документов), хранящихся в стандартных расположениях. Главное ограничение в том, что копии хранятся на том же диске, и при аварии файловой системы они, скорее всего, окажутся недоступными.

Служба архивации и восстановления

Архивация и восстановление (**Пуск | Панель управления | Архивация и восстановление**) — другая служба, создающая дисковые и файловые архивы по расписанию или по команде. При первом запуске следует настроить параметры резервного копирования, для чего щелкните на соответствующей ссылке (рис. 3.2).

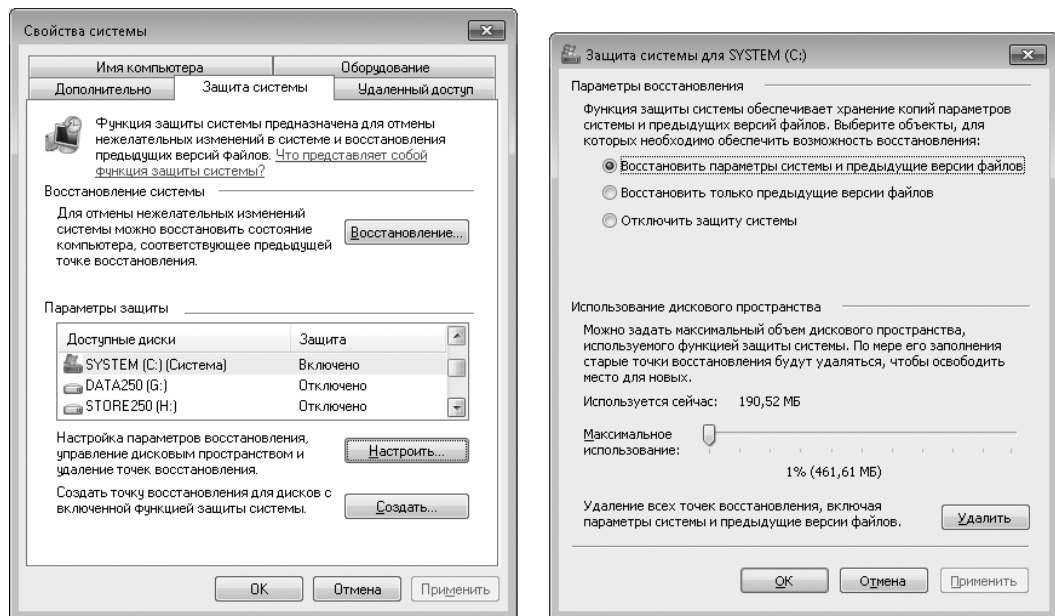


Рис. 3.1. Настройка защиты системы — создание точек восстановления

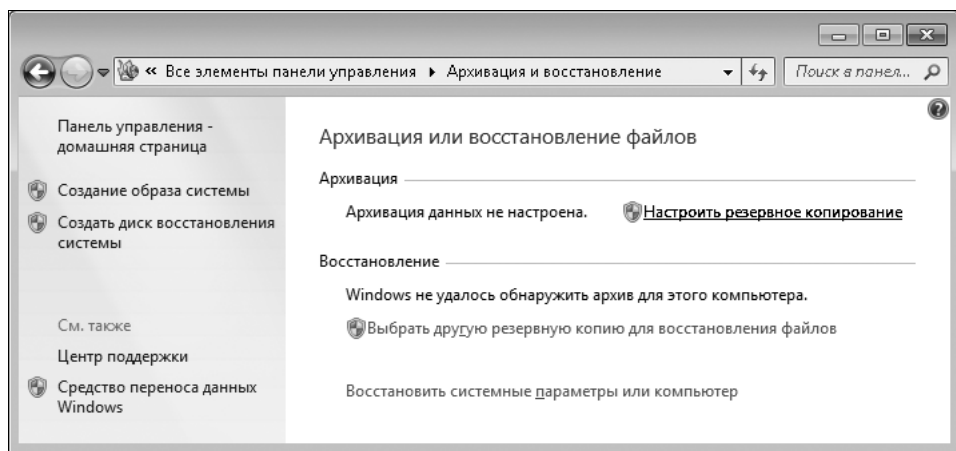


Рис. 3.2. Архивация и восстановление — начало работы

Начнет работать мастер настройки. Он выполняется в несколько шагов.

1. На первом шаге укажите место хранения архива. Мастер предлагает выбрать один из дисков, отличных от системного. Располагать архивы на том же диске, что и система, нет никакого смысла — такая резервная копия практически ни от чего не защитит.
2. Далее вы можете разрешить Windows включить в архив стандартный набор объектов, но лучше выбрать объекты самостоятельно. Для этого установите переключатель в положение **Предоставить мне выбор** и нажмите кнопку **Далее**.

3. Выберите объекты для архивирования, установив напротив них флажки (рис. 3.3).

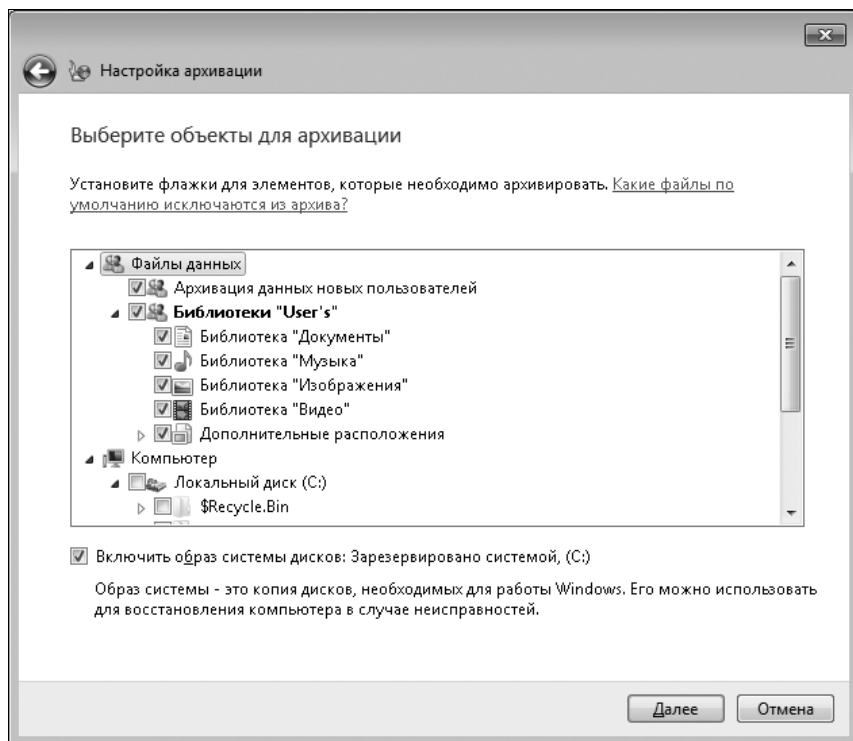


Рис. 3.3. Архивация и восстановление — выбор объектов

4. На последнем шаге мастер показывает сводку и предлагает уточнить расписание архивации (по умолчанию — раз в неделю). Чтобы начать резервное копирование в первый раз, нажмите кнопку **Сохранить параметры и запустить архивацию**.

Когда настроены и выполняются службы восстановления системы и архивации, на компьютере постепенно накапливается набор резервных копий. Если суммарный объем точек восстановления достигает заданного предела, самые старые из них удаляются и освобождают место на диске для очередных копий.

Чтобы восстановить прежнюю версию файла или папки, щелкните на объекте правой кнопкой мыши. В контекстном меню выберите команду **Восстановить прежнюю версию**. Откроется диалоговое окно свойств объекта на вкладке **Предыдущие версии** (рис. 3.4).

Здесь перечисляются версии, сохраненные как в точках восстановления, так и в резервных копиях, создаваемых службой архивации. Выберите нужную копию и нажмите одну из кнопок: **Открыть**, **Копировать** или **Восстановить**.

В результате прежняя версия файла или папки заменит текущую либо будет помещена в новое расположение. В принципе, встроенными средствами Windows

вполне можно обойтись даже в ответственных случаях. Главное — иметь второй физический носитель для хранения архивов!

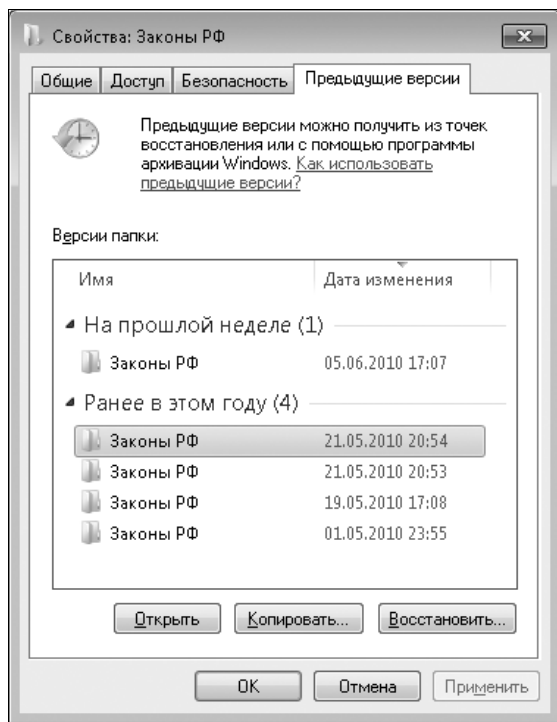


Рис. 3.4. Предыдущие версии папки

Специализированные программы

Выбор специализированных программ для резервного копирования довольно широк. Среди них есть и полностью бесплатные приложения, и условно-бесплатные, и проприетарные программы.

Условно средства резервного копирования можно разделить на две группы: инструменты для работы с образами дисков и для работы с файловыми архивами. В действительности некоторые из них, например программы семейства Acronis True Image, способны решать обе задачи.

Главное отличие программ резервного копирования от «просто архиваторов» — выполнение действий по условиям и по расписанию. Достаточно один раз настроить программу, и далее она будет выполнять резервное копирование в автоматическом режиме.

Создание образов

Инструменты для создания файловых или посекторных образов дисков предназначены, главным образом, для архивирования и восстановления системного раздела. Сохранение образа диска — довольно расточительный способ резервного копи-

рования, зато в названном случае он незаменим. В принципе, ничто не мешает сохранять и образы дисков с документами, однако для резервного копирования пользовательских данных лучше подходят файловые архивы.

Свои решения для архивирования целых разделов предлагают все разработчики дисковых утилит. Перечислим только некоторые приложения для работы с образами дисков и разделов.

- ❑ Norton Ghost (www.symantec.com) — одна из самых известных программ подобного рода. Существуют как версии, работающие в среде Win32/Win64, так и автономные версии для запуска со съемных загрузочных носителей. Образы создаются в собственном формате GHO, и для работы с ними нужна одна из программ семейства Norton Ghost.
- ❑ Acronis True Image (www.acronis.ru) — отечественная разработка, которая чрезвычайно популярна во всем мире. Это очень мощный и в то же время дружелюбный к пользователю пакет инструментов. Acronis True Image позволяет работать как с образами дисков, так и с файловыми архивами в собственном формате TIB.
- ❑ Продукты компании Paragon (www.paragon.ru): Drive Backup, Backup & Recovery и Drive Copy — примеры утилит резервного копирования от компании, широко известной своими программами-менеджерами разделов.
- ❑ O&O DiskImage Express (www.oo-software.com) — решение от разработчиков популярной программы дефрагментации дисков. Приложение позволяет работать со стандартными ISO-образами дисков.

Сравнивать продукты ведущих компаний, видимо, нет смысла — по функциональности, надежности и скорости работы все они довольно близки. Среди обычного набора функций присутствуют создание образов, исключение из образа определенного содержимого по шаблонам, монтирование образов как виртуальных дисков, а также клонирование носителей.

Выбор, как и во многих других случаях, лежит скорее в субъективной плоскости. Автор книги давно уже «подсел» на продукты Acronis, но, подчеркиваю, это всего лишь личное предпочтение!

Файловые резервные копии

Другой вариант резервного копирования нацелен главным образом на выборочное сохранение копий отдельных файлов и папок. В этой области выбор программ еще шире: от мощных комплексных решений с обилием гибких настроек до простейших бесплатных утилит, копирующих один набор объектов по одному расписанию в одно расположение.

- ❑ Еще раз упомянем Acronis True Image — одной из его функций является работа с файловыми архивами. Как и в случае с образами дисков, формат архивов TIB. При установке программы устанавливается расширение Проводника Windows, и с архивами True Image Backup становится возможным работать прямо в дереве файлов и папок.

- ❑ **Handy Backup (www.handybackup.ru)** — многофункциональная программа. Ее средствами можно выполнять резервное копирование файлов и папок локально и по сети. Среди дополнительных функций: сохранение стандартных папок Windows и ветвей реестра с пользовательскими настройками, архивирование почтовых баз вместе с настройками соответствующих программ, а также работа с образами дисков.
- ❑ **Back2zip (<http://free-backup.info>)** — бесплатная утилита. Она позволяет сохранять копии указанных папок в ZIP-архивах как локально, так и в интернет-хранилище Amazon Simple Storage Service (Amazon S3).
- ❑ **File Backup Watcher (www.dswsoft.com)** — линейка приложений для файлового резервного копирования. В бесплатной версии возможности автоматизации ограничены.

Критерием выбора является соответствие ваших потребностей и функциональных возможностей программы. Вероятно, эти возможности должны чуть-чуть превышать потребности, но не более того!

Например, для большинства домашних пользователей вполне достаточно одного расписания и одного набора объектов с сохранением архива на другом локальном диске. В малом офисе для хранения резервных копий целесообразно задействовать файл-сервер («по совместительству» им может быть и одна из рабочих станций). Следовательно, нужна поддержка копирования на сетевые ресурсы. Кроме того, могут понадобиться несколько расписаний и архивирование по условию (бухгалтер выключает компьютер — база копируется).

Способы резервного копирования

Всего придумано три метода резервного копирования. Большинство программ позволяют выбрать тот из них, который лучше подходит к конкретной задаче. Все три метода равно применимы и к образам дисков, и к файловым архивам.

Обычное (полное) архивирование

Как работает этот способ, мы уже рассмотрели в *разд. «Простейшая автоматизация»*. Все предельно просто, но дисковое пространство расходуется крайне неэффективно (рис. 3.5). Потребность в системных ресурсах зависит исключительно от алгоритма и степени сжатия — при минимальном сжатии или копировании без компрессии задача практически не нагружает процессор и не занимает места в памяти.

Полное копирование ценно своей простотой и самодостаточностью (одна копия — один архив). Как варианты, можно перезаписывать существующий архив либо только обновлять в нем изменившиеся данные. При резервировании небольших объемов часто изменяющихся данных это вполне разумное решение.

С создания полной копии начинаются и оба следующих метода. Их смысл в уменьшении объема, занимаемого серией последовательных резервных копий.

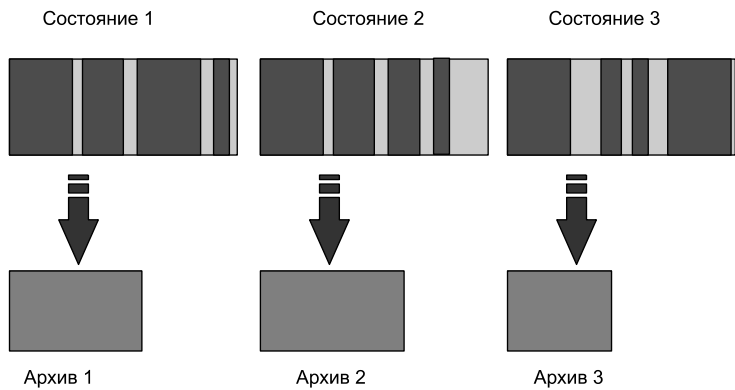


Рис. 3.5. Полное архивирование

Дифференциальное (разностное) архивирование

Как следует из названия, при этом методе к полному архиву добавляются дополнительные «разностные» архивы. Каждый из них содержит сведения об изменении состояния оригинала со времени создания первоначальной копии (рис. 3.6).

Другими словами, каждый дифференциальный архив содержит разницу между первоначальным и текущим состоянием оригинала. Для восстановления состояния оригинала на определенный момент времени нужен первоначальный архив и один разностный архив, соответствующий этому моменту.

Разностное архивирование выгодно, когда есть некий неизменяемый массив данных, одна и та же небольшая часть которого регулярно изменяется. Хороший пример — базы учетных программ 1С: в них значительную часть занимают справочники и константы, которые редактируются довольно редко, а изменения происходят, главным образом, в файлах индексов и проводок.

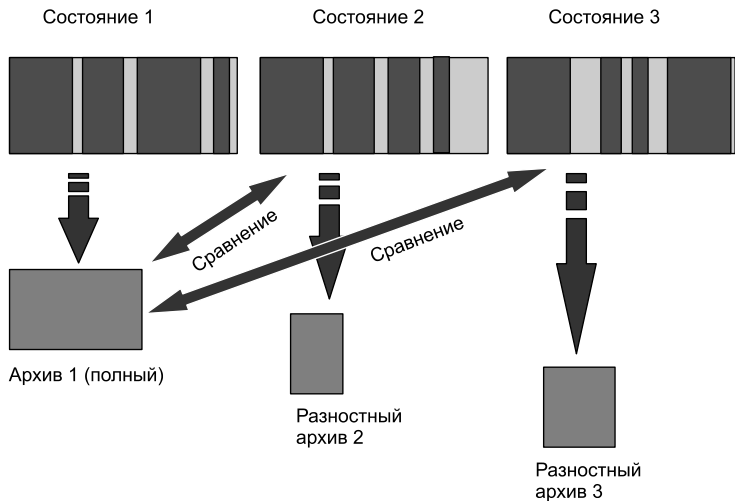


Рис. 3.6. Набор дифференциальных архивов

Дифференциальные архивы весьма надежны. Критически опасна утрата только первого — полного — архива из набора. Потеря любого другого приведет лишь к невозможности восстановления соответствующего состояния, никак не затрагивая остальные «снимки».

Инкрементное (прирастающее) архивирование

При инкрементном (от слова «инкремент», приращение) резервном копировании выстраивается цепочка архивов. Начинается цепочка с полной копии, второй архив содержит изменения по отношению к ней (он идентичен архиву при дифференциальном копировании), но каждый последующий архив содержит лишь данные, изменившиеся по отношению к предыдущему архиву (рис. 3.7).

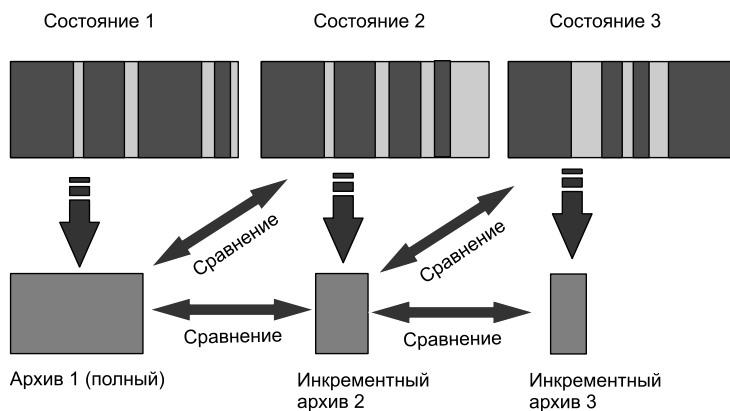


Рис. 3.7. Цепочка инкрементных архивов

Другими словами, каждый инкрементный архив отражает изменения, произошедшие с оригиналом с момента создания предыдущего инкрементного архива. Для восстановления состояния оригинала на определенный момент времени нужны первоначальный архив и вся цепочка инкрементных архивов, сделанных к этому моменту. Здесь кроется определенная уязвимость инкрементного резервного копирования. Достаточно одного испорченного архива в цепочке, чтобы стали бесполезны все последующие инкрементные копии!

Тем не менее, инкрементное копирование очень выгодно при частом создании архивов и нерегулярном изменении оригинала. Минимальным изменениям соответствуют и очень маленькие архивы — ведь они содержат только сведения о последнем изменении!

Типичный пример — работа над этой книгой. В папку с материалами постепенно добавляются рисунки и тексты, при этом уже существующие документы практически не изменяются. Примерно так же живет любой офис: документы накапливаются, и к ним только добавляются новые.

«Продвинутые» программы, наподобие Acronis True Image, умеют при необходимости «уплотнять» цепочки. Несколько давних инкрементных архивов объединяются в один. В ходе такой интеллектуальной обработки теряется ряд промежу-

точных состояний, звеньев становится меньше, и суммарный объем резервных копий заметно уменьшается. Поэтому инкрементное архивирование сегодня считается наиболее эффективным, и разработчики по умолчанию рекомендуют именно его.

Дисковые массивы (RAID)

RAID расшифровывается как Redundant Rrray of Iindependent/Inexpensive Disks — избыточный массив независимых/недорогих жестких дисков. Аппаратный массив из нескольких дисков управляется специальным RAID-контроллером и воспринимается системой как единое целое. Программный массив формируется из винчестеров, подключенных к обычным контроллерам, а разделы на них созданы как динамические диски. На верхних уровнях ОС такой массив тоже рассматривается как единый диск.

Идея параллельной работы нескольких дисков пришла в массовую технику из мэйнфреймов и серверов данных. Первоначально RAID-контроллеры, преимущественно SCSI, выпускались в виде плат расширения, и в обычные ПК их устанавливали чрезвычайно редко.

На рубеже веков технология RAID проникла на рынок компьютеров для широкого круга пользователей. Появились недорогие платы расширения на 2 канала IDE (4 диска), а производители материнских плат стали встраивать RAID-контроллеры в модели класса high-end. Затем поддержка RAID появилась в чипсетах Intel, AMD и NVIDIA, и сегодня практически невозможно встретить материнскую плату без интегрированного контроллера RAID.

Принципы RAID

Формированием и обслуживанием «аппаратного» массива полностью занимаются электроника и микропрограмма (прошивка, BIOS) RAID-контроллера. Если контроллер выполнен в виде платы расширения, его микропрограмма отработывается вслед за процедурой POST BIOS материнской платы. Микропрограмма контроллера, интегрированного в материнскую плату, является неотъемлемой частью BIOS. В любом случае, BIOS и операционная система рассматривают аппаратно организованный массив как один винчестер.

Служебная информация массива

Информация о конфигурации RAID чаще всего хранится на самих дисках в специальной области. Обычно она расположена в первых и/или последних секторах каждого диска, а записывает ее туда микропрограмма контроллера при формировании RAID или включении в него нового диска.

Если подключить диск к обычному контроллеру (или встроенному контроллеру, работающему в обычном режиме), то BIOS не обнаружит загрузочный сектор с таблицей разделов там, где положено. Более того, ОС также не обнаружит на привычном месте логические структуры разделов и файловых систем и сочтет такой

диск неотформатированным (пустым). Служебная область с блоком конфигурации оказывается за пределами логического пространства диска.

Структура блока конфигурации зависит от модели контроллера. Скорее всего, RAID-массив, собранный на одном контроллере, с точки зрения другого не существует. Как минимум, в конфигурационном блоке записаны тип массива, размер одного блока (обычно от 512 байтов до 1 Мбайт), номер диска в массиве. Блок конфигурации практически обязательно продублирован на каждом диске массива. За исключением номера диска, служебные данные на всех дисках должны быть идентичны, и этим можно воспользоваться при восстановлении массива.

Как вариант, размер блока и тип массива могут храниться в энергонезависимой памяти (CMOS) контроллера. Порядок следования дисков в этом случае обычно определяется номерами портов контроллера — каждый диск должен быть на своем месте. Такая организация характерна для RAID-контроллеров, интегрированных в материнскую плату.

Существенно, что служебная информация массива «привязана» ко вполне определенной марке, самое большее, семейству RAID-контроллеров. Если вы замените контроллер или материнскую плату с интегрированным контроллером, вероятность успешного запуска массива существует. Однако в идеале контроллер желательно заменять на точно такой же! К счастью, именитые производители дорогих контроллеров (3ware/LSI Logic, Adaptec, Intel, Promise) довольно консервативны — одни и те же модели выпускаются достаточно долго. Ассортимент интегрированных контроллеров не очень широк, и в основном ограничивается выбором южных мостов чипсетов.

В программном массиве конфигурационная информация находится в пределах логического пространства диска. Возможно, вы обратили внимание на любопытный факт. При разбиении винчестера на разделы любыми средствами Windows, начиная с Windows XP, между MBR и первым разделом непременно резервируется около 8 Мбайт пространства. На этом «пустыре» и строится конфигурационный блок при преобразовании базового диска в динамический том. В частности, об этом говорится в статье <http://support.microsoft.com/kb/293281>.

Кроме того, сведения о конфигурации массива хранятся в реестре Windows. В реестр они вносятся с самого динамического диска при первом его монтировании в систему. При перестановке исправного программного массива на другую систему он обычно распознается без проблем.

Управление массивом

В процессе начальной загрузки на экран выводятся сообщения микропрограммы RAID-контроллера (рис. 3.8). Как правило, в нижней части экрана присутствует подсказка: сочетание клавиш, которые нужно нажать для входа в утилиту настройки RAID. В данном примере это <Ctrl>+<I>. Вид сообщения, как и сочетание клавиш, зависит от модели контроллера.

Если нажать указанное сочетание клавиш, то откроется меню настройки и обслуживания RAID-контроллера (рис. 3.9). Для создания массива выберите пункт **Create RAID Volume** (Создать том RAID).

```

Intel(R) RAID for Serial ATA - RAID BIOS v3.0.0.2307
Copyright(C) 2003 Intel Corporation. All Rights Reserved.

RAID Volumes:
None defined.

Non-RAID Disks:
Port Drive Model      Serial #      Size      Status      Bootable
0   ST3120023AS      3KA0J1ZJ     111.7GB   Normal      Yes
1   ST3120023AS      3KA0H0M0     111.7GB   Normal      Yes

Press <CTRL-I> to enter Configuration Utility...

```

Рис. 3.8. Сообщение RAID-контроллера при загрузке компьютера

```

Intel(R) RAID for Serial ATA - RAID Configuration Utility
Copyright(C) 2003 Intel Corporation. All Rights Reserved. v3.0.0.2307

[ MAIN MENU ]

1. Create RAID Volume
2. Delete RAID Volume
3. Reset Disks to Non-RAID
4. Exit

[ DISK/VOLUME INFORMATION ]

RAID Volumes:
None defined.

Non-RAID Disks:
Port Drive Model      Serial #      Size      Status      Bootable
0   ST3120023AS      3KA0J1ZJ     111.7GB   Normal      Yes
1   ST3120023AS      3KA0H0M0     111.7GB   Normal      Yes

[↑↓]-Select      [ESC]-Exit      [ENTER]-Select Menu

```

Рис. 3.9. Меню настройки RAID-контроллера

Вид меню и набор пунктов в нем зависят от производителя и модели контроллера, а также текущей конфигурации. Для многих материнских плат сочетание клавиш и меню настройки массива становятся доступными лишь после того, как в настройках BIOS для контроллера SATA был выбран режим RAID.

Пока массив не сконфигурирован, в меню обычно предлагают только создать новый массив из подключенных дисков. При наличии сконфигурированного массива в меню появляются пункты для выбора массива, синхронизации замененных дисков и т. п. Подробные инструкции приводятся в документации к конкретному контроллеру или материнской плате.

Кроме того, производители контроллеров предлагают утилиты для управления массивом из среды Windows. Они тесно связаны с драйвером контроллера и, в

сущности, являются одним из компонентов драйвера. Важно, что такие утилиты позволяют «на лету» проверять целостность массива. При необходимости с их помощью можно выполнять и все операции по обслуживанию RAID.

Уровни RAID

Способы организации массива принято называть *уровнями RAID*. Всего возможных вариантов много, но широкое практическое применение нашли только некоторые из них. В случае двух дисков массив можно организовать двумя способами. При этом достигаются диаметрально противоположные результаты.

Чередующийся массив — уровень 0 (RAID 0)

Сразу оговоримся: чередование — способ предельно *ненадежного* хранения данных. Единственной его положительной чертой можно назвать скорость последовательного чтения/записи.

В массиве уровня 0 (RAID 0) информация дробится на блоки («полоски», stripes). Если диска два, нечетные блоки записываются на один диск, а четные — на другой (рис. 3.10). Происходит это параллельно и одновременно. Такую организацию называют *чередованием* (interlacing).

В результате скорость записи или чтения в массиве вдвое превышает скорость обмена с одним диском. Емкость массива приблизительно равна удвоенной емкости меньшего из его дисков.

Очевидно, что выход из строя любого диска приводит к неработоспособности массива в целом. Надежность массива уровня 0 примерно вдвое ниже, чем надежность любого из дисков.

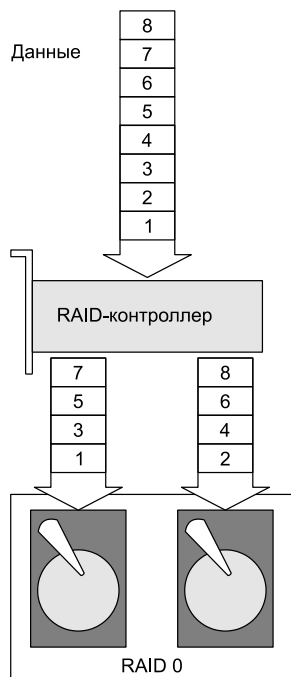


Рис. 3.10. Принцип организации RAID 0

Зеркальный массив — RAID 1

Напротив, зеркальный массив RAID 1 — весьма надежная схема. Данные дублируются (зеркалируются) на обоих дисках одновременно. Надежность системы

сразу повышается на порядок или два по сравнению с одиночным диском. Если на любом из двух дисков произошел сбой, в нашем распоряжении все равно остается его точная и полная копия (рис. 3.11).

Однако стоимость хранения информации автоматически возрастает вдвое. Кроме того, если возник сбой, нужно еще решить, на каком из «зеркальных» дисков осталась «правильная» копия, а какой содержит искаженные данные.

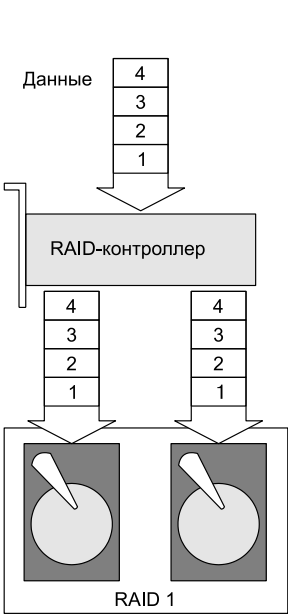


Рис. 3.11. Принцип организации RAID 1

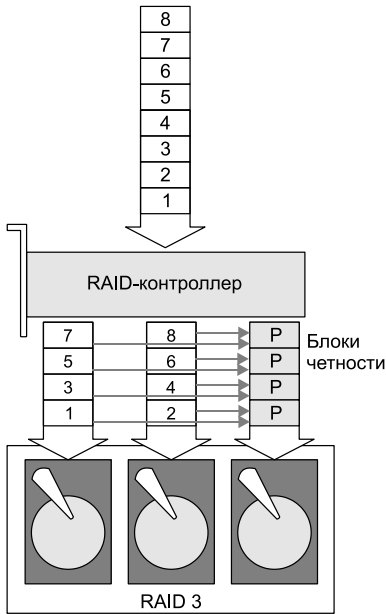


Рис. 3.12. Принцип организации RAID 3

Трех- и многодисковые массивы

Если дисков более двух, число возможных вариантов сразу возрастает. В трех-дисковом массиве данные можно распределить, как минимум, еще двумя способами.

В массиве уровня 3 два диска являются чередующимися (как в RAID 0). Третий же диск несет контрольные суммы (блоки четности) для блоков первых двух дисков. На рис. 3.12 эти блоки четности помечены буквой Р.

При потере диска с блоками четности массив просто продолжает работать как RAID 0. Третий диск при первой возможности заменяется, блоки четности вычисляются заново и записываются на него.

При утрате любого из первых двух дисков массив временно становится неработоспособным и нуждается в восстановлении другого рода. Неисправный винчестер заменяется. По оставшемуся диску и блокам четности с третьего диска на нем восстанавливается содержимое. Массив вновь функционирует в штатном режиме!

Массив уровня 5 (рис. 3.13) является симметричным, и в нем могут работать более трех дисков. Блоки четности равномерно распределяются между всеми дисками.

Содержимое любого из дисков при необходимости полностью воссоздается по оставшимся данным и блокам четности. Правда, все время, пока ведется восстановление, массив будет неработоспособен. RAID 5 пока считается самой популярной реализацией массива, сочетающей скорость и надежность.

Четырехдисковые массивы уровней RAID 0+1 (Raid 10) можно охарактеризовать как «зеркалирование двух чередующихся дисков на два других». Отдельные схемы приводить не станем — вместо этого мысленно скомбинируйте рис. 3.9 и 3.10. Накладные расходы в RAID 0+1 достаточно высоки (избыточность данных ровно двойная), но такие массивы способны продолжать почти полноценную работу при выходе из строя любого из дисков.

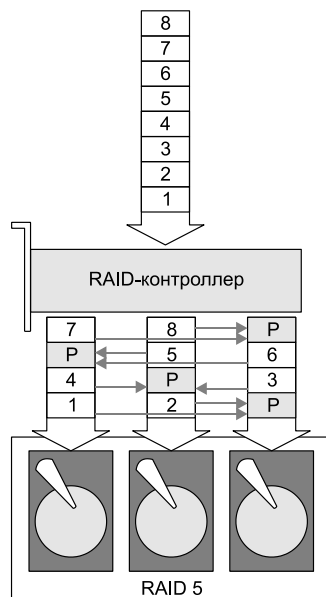


Рис. 3.13. Принцип организации RAID 5

Были разработаны и другие уровни RAID, а именно: RAID 2, RAID 4 и RAID 6. Они преследуют довольно специфические цели и предназначены в основном для серверов. Например, массив RAID 6 содержит минимум 4 диска и сохраняет работоспособность даже при одновременном выходе из строя любых двух винчестеров. В «настольных» системах и в серверах начального уровня подобные конфигурации не встречаются, а для их формирования нужны дорогостоящие контроллеры.

Еще одна конфигурация RAID несколько выпадает из общего ряда. JBOD расшифровывается как Just a Bunch of Disks — просто пучок дисков. В массиве такого рода происходит объединение (spanning) нескольких физических дисков в один на уровне RAID-контроллера. Массив JBOD не является ни быстрым, ни отказоустойчивым. Смысл его в возможности создания разделов практически неограниченного объема. С появлением винчестеров большой емкости к использованию массивов JBOD прибегают все реже — применение разделу в 2 Тбайт еще нужно придумать!

В принципе, для каждого из уровней RAID возможна и аппаратная, и программная реализации. Полноценная поддержка программных массивов предусмотрена в серверных версиях ОС, а в настольных официально можно построить только программный массив уровня 0.

ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы настольные версии Windows XP/Vista/7 смогли работать с массивами уровня 1, в них надо подменить некоторые библиотеки таковыми от соответствующих серверных ОС. Подробные инструкции по этой не вполне «лицензионной» процедуре легко найти в Интернете.

Программные RAID были интересны в то время, когда цены на RAID-контроллеры «кусались». С массовым распространением интегрированных RAID-контроллеров программные массивы почти утратили актуальность. Аппаратная реализация выгоднее во многих отношениях. Маломощный, но специализированный процессор контроллера легко справляется с распределением блоков данных по дискам и их обратной сборкой, тогда как на обслуживание программного массива приходится отвлекать заметную часть ресурсов центрального процессора ПК. Аппаратные решения обычно предоставляют больше возможностей для конфигурирования многодисковых массивов.

Особо следует упомянуть технологию Intel Rapid (ранее называвшуюся Intel Matrix Storage). Она является аппаратно-программной. Часть задач возложена на интегрированный в чипсет контроллер, а другая часть — на его драйвер. Благодаря этому удастся, например, задействовать по одному разделу на разных физических дисках в RAID, а остальные разделы продолжают работать как самостоятельные диски.

Технология Intel Rapid задумана как «бюджетный» выход для тех, кто не желает тратить более чем на два винчестера, но при этом хочет и небольшой массив создать, и оставить часть дискового пространства вне RAID. Недостаток — повышенная, по сравнению с чисто программной или чисто аппаратной реализацией сложность. Из-за этого могут возникнуть трудности при восстановлении данных в случае отказа одного из дисков либо краха системы.

SMART

Некоторый прогноз надежности накопителя дают различные тесты. Например, тестирование поверхности выполняют диагностические программы, о которых речь пойдет в *главе 7*. Во всех без исключения современных винчестерах предусмотрены процедуры самодиагностики, которые выполняются в момент запуска, а при продолжительной непрерывной работе повторяются время от времени.

Стандартный механизм самодиагностики, принятый на вооружение всеми производителями, носит название SMART или, правильнее, S.M.A.R.T. (англ. Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology, технология самонаблюдения, анализа и отчетности). Эта технология заключается в том, что микропрограмма винчестера выполняет ряд проверок. Их содержание и алгоритмы производители разрабатывают самостоятельно, но существует рекомендованный минимальный набор. Обобщенные результаты тестов микропрограмма записывает в виде таблицы в служебной области диска. Кроме того, она непрерывно считывает различного рода ошибки накопителя и другие события и также вносит их в таблицу. Каждая запись таблицы называется *атрибутом SMART*.

Таблица содержит перечень атрибутов, их текущие значения, минимальные (максимальные) значения, зафиксированные за все время работы, а также контрольные значения, которые производитель признает пороговыми для данной модели диска. Все значения хранятся в абсолютных числах в шестнадцатеричном формате (raw value).

В стандарте ATA есть команды, по которым накопитель должен выдать содержимое таблицы S.M.A.R.T. в интерфейс. Соответственно, нужна программа, которая даст такую команду, примет ответ, а затем интерпретирует содержимое таблицы в понятный пользователю вид. Шестнадцатеричные значения пересчитываются в S.M.A.R.T. Value — условные показатели, символизирующие надежность относительно предельно допустимых величин. Обычно «value» находится в диапазоне от 0 до 100. Некоторые атрибуты имеют значения от 0 до 200 или от 0 до 253.

Всего соглашением предусмотрено около 50 различных стандартных атрибутов. Наиболее же важными считаются некоторые из них:

- ❑ **Raw Read Error Rate** — частота ошибок при чтении данных по вине аппаратной части диска;
- ❑ **Spin-Up Time** — время раскрутки дисков до рабочей скорости. Косвенно характеризует состояние узла шпинделя;
- ❑ **Reallocated Sectors Count** — число успешных операций переназначения секторов (remapping);
- ❑ **Seek Error Rate** — частота ошибок при позиционировании головок. Чем она выше, тем хуже состояние механики и/или поверхности жесткого диска;
- ❑ **Spin-Up Retry Count** — число повторных попыток раскрутки дисков до рабочей скорости в случае, если первая попытка была неудачной. Наличие таких попыток с большой вероятностью указывает на аппаратные неполадки;
- ❑ **Hardware ECC Recovered** — число коррекции ошибок аппаратной частью диска (ошибок чтения, ошибок позиционирования, ошибок передачи по внешнему интерфейсу);
- ❑ **Reallocation Event Count** — число операций переназначения секторов, как успешных, так и неудачных;
- ❑ **Current Pending Sector Count** — число неустойчиво обрабатываемых («подозрительных») секторов, которые являются кандидатами на переназначение;
- ❑ **Uncorrectable Sector Count** — число секторов с неисправимыми ошибками. Увеличение показателя указывает на появление критических дефектов поверхности и/или механики винчестера.

В Windows 7 поддержка S.M.A.R.T. заложена в оснастку **Управления компьютером**. SMART Disk Check является одним из стандартных сборщиков информации о состоянии системы (рис. 3.14).

Сообщения о выходе показателей SMART за допустимые пределы заносятся в системный журнал (**Служебные программы | Просмотр событий | Журналы Windows | Система**). Пример записи об ошибке SMART показан на рис. 3.15. При возникновении такого события обычно выводится и системное уведомление во всплывающем окне.

Для просмотра информации SMART предназначены многочисленные утилиты сторонних разработчиков. Функции чтения и анализа показателей «здоровья диска» заложены практически во все универсальные диагностические программы, например, Everest (www.lavalys.com). Как правило, они подробно поясняют смысл атрибутов и даже пытаются строить прогноз.

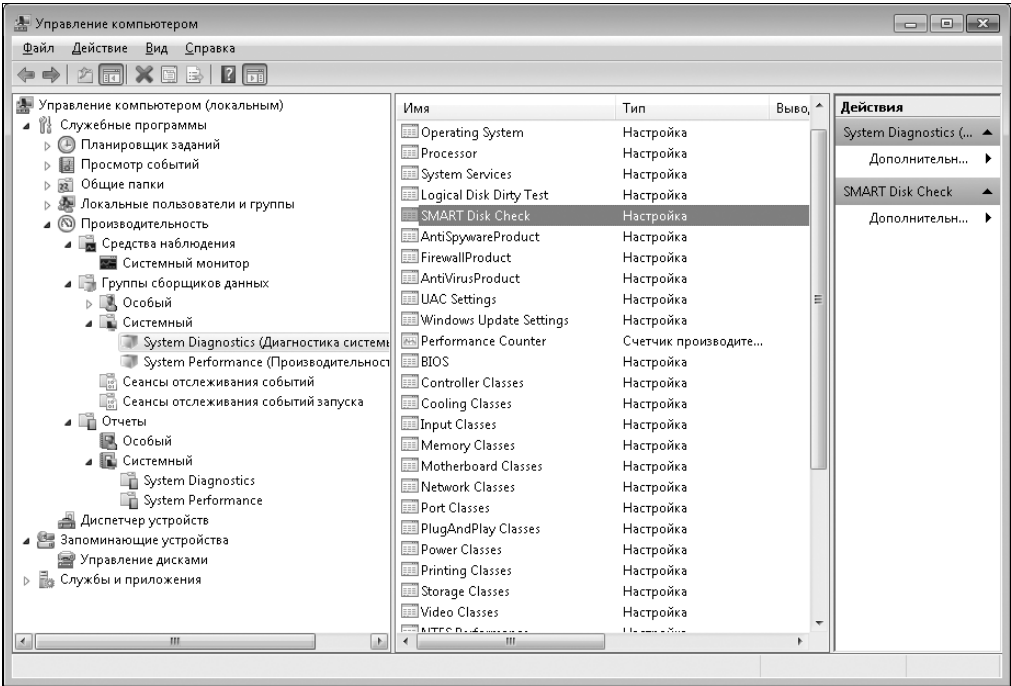


Рис. 3.14. Счетчик SMART Disk Check в оснастке Управление компьютером (Windows 7)

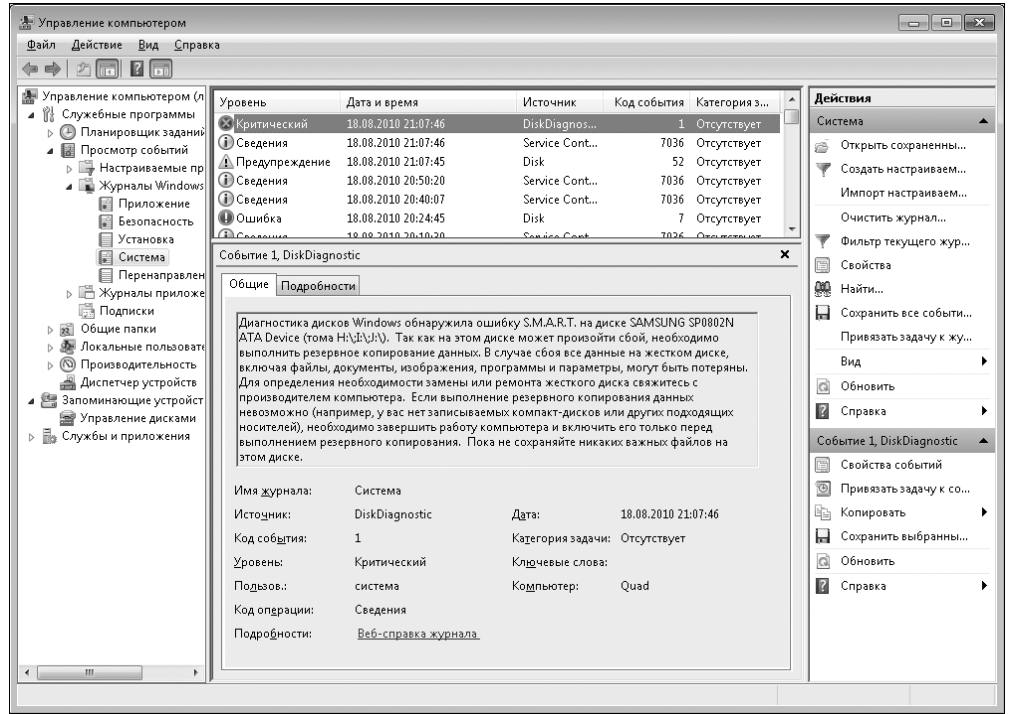


Рис. 3.15. Запись о регистрации ошибки SMART в системном журнале

Атрибуты SMART используют в комплексной оценке и специализированные программы от производителей дисков, например, SeaTools (Seagate), Data Lifeguard Tools (WD), Samsung SHDIAG или IBM Drive Fitness Test. Цель таких утилит — вынести однозначный вердикт о полной исправности винчестера либо о наличии тех или иных проблем.

Нужно понимать, что SMART лишь констатирует свершившийся факт, обычно грустный. Сравнение показателей, снятых несколько раз через достаточно длительные промежутки времени, может дать пищу для осторожных прогнозов, и не более того! Ухудшение показателей следует принимать как предупреждение и руководство к действию: если вы не делали резервных копий — сделайте, если делали — проверьте целостность старых и сделайте очередную!

«Контрольная сумма»

Грамотно и добросовестно организованное хранение данных теоретически должно исключить возможность их потери. Что бы ни случилось, все восстановление должно свестись к разворачиванию образов, разархивированию одной из резервных копий, замене неисправного диска, синхронизации массива. Дублирование — первый эшелон защиты данных, а резервное копирование образует вторую линию обороны.

К сожалению, на практике такая постановка дела — большая редкость! В жизни обязательно сыграют свою роль скупость, лень, беспечность, тем более — их сочетание. Любой из способов надежного хранения сопряжен с дополнительными расходами. Цена запасного носителя очевидна, но нужно принимать во внимание и более мощный блок питания, место под дополнительный винчестер, охлаждение, шум и т. п.

По моему мнению, два винчестера в современном надежном компьютере все равно должны стать нормой. Либо пусть они будут одинаковыми и работают в RAID 1, либо один (пусть медленный, меньшего объема, словом, дешевый) используется для хранения резервных копий с другого, основного. Это разумный минимум даже для домашнего ПК, не говоря уже о более ответственных применениях. Просто задумайтесь — цена «какого-нибудь» нового жесткого диска лежит в пределах 2000 руб., а стоимость восстановления данных обычно начинается с 3000 руб., причем без всякой гарантии!

Это не значит, что резервное копирование при наличии единственного винчестера полностью лишено смысла. Архив на другом разделе все-таки лучше, чем совсем ничего! В случае смысловых и логических ошибок он, по крайней мере, спасти сможет. Наконец, существуют съемные носители.

Хотя дисковый массив призван свести к минимуму проблемы при восстановлении данных, его обслуживание не всегда протекает так гладко, как хотелось бы. В следующей главе мы обсудим случаи потери данных не только на одиночных носителях, но и в дисковых массивах.

ГЛАВА 4



Причины и виды потерь информации

Во время учебы будущие врачи сначала знакомятся с нормой (нормальной анатомией, физиологией и т. д.), далее переходят к наиболее общим проявлениям патологии, а лишь затем выясняют, как лечить конкретные заболевания (терапия, хирургия, невропатология и т. п.). Первые три главы нашей книги были посвящены как раз рассмотрению нормы: физических и логических основ хранения информации на разных носителях.

Эта глава — краткий курс «патологической анатомии» и «патологической физиологии» накопителей. Ранее мы в основном выяснили, какие физические компоненты и логические структуры обеспечивают хранение данных и доступ к ним. Теперь предстоит разобраться, что происходит при неисправностях и сбоях на разных уровнях и как это проявляется.

Собственно, конечное проявление всегда одно — пользователь не может получить доступ к файлам на диске. Наша задача — детализировать эту общую фразу и подвести базу под диагностику, да и под «лечение», т. е. восстановление данных, тоже.

Аппаратные проблемы

К аппаратным проблемам отнесем все случаи, когда не удастся получить доступ к диску через его штатный интерфейс (SATA, IDE, SCSI, USB). Один из вариантов — физическое повреждение носителя информации. Другая причина — неисправность компонентов, связывающих носитель с интерфейсом: контроллеров, их микропрограмм, а также двигателей, схем питания и т. п.

Физические повреждения носителей

Самая грустная и серьезная ситуация — повреждение на физическом уровне самого носителя информации (пластин винчестера, микросхем флеш-памяти, рабочего слоя оптического диска). Правда, не всякое повреждение носителя является фатальным. Здесь мы опять должны вернуться к относительности границы между «физикой» и «логикой».

Если проблема затронула области (секторы, ячейки), в которых непосредственно находятся пользовательские данные, эти данные потеряны безвозвратно. Как правило, уникальная пользовательская информация занимает большую часть любого диска. Соответственно, появление дефектов в такой части наиболее вероятно.

Если же дефектный участок пришелся на какие-либо служебные области диска либо структуры его разметки, вся информация на диске станет недоступна. Пример — исчезновение или повреждение таблицы разделов или записей файловой системы. В этом случае обратиться к файлам стандартными средствами Windows невозможно. Тем не менее, с помощью специальных программ обычно удается прочесть диск как последовательность секторов, а затем из этой последовательности «выловить» файлы, ориентируясь на характерные маркеры в их начале.

В действительности все не так однозначно. Во-первых, вскоре мы увидим, что служебные области винчестеров обширны. Они содержат адаптивы, таблицы трансляции и другую информацию, без которой собрать последовательность секторов с данными проблематично. Современные флеш-диски тоже содержат сложные таблицы трансляции, которые описывают соответствие между логическими секторами и расположением ячеек памяти.

Во-вторых, при наличии физических ошибок (дефектов поверхности или поврежденных ячеек памяти) многие накопители вызывают сбой системы сразу же при подключении или при попытке обратиться к нечитаемым участкам. Одно из решений проблемы — чтение не штатными средствами ОС, а специализированными программами. Сначала считывается образ диска, ошибки при этом игнорируются, а затем работа ведется уже с образом. В наиболее серьезных случаях помогает чтение данных через служебный интерфейс или с помощью специальных контроллеров, работающих в составе аппаратно-программных комплексов. Они, в отличие от стандартных, позволяют «проскакивать» дефектные участки либо перезапускать диск и продолжать чтение со следующего исправного сектора.

Причины и механизмы повреждений разнообразны. Многие из них мы уже упомянули, обсуждая проблемы надежности носителей. На первом месте стоят естественное старение и износ — «бессмертных» устройств не существует.

Жесткие диски страдают от ударов, вибрации, перегрева. Уязвимыми местами являются поверхность пластин и головки. Даже кратковременное касание поверхности головкой обычно вызывает повреждение и той, и другой. Далее процесс идет по нарастающей: деформированная головка (в это время она уже неработоспособна) продолжает задевать поверхность пластины, разрушая магнитный слой. Возникает кольцевидный «запил» поверхности (рис. 4.1).

По гермоблоку разлетаются частички магнитного слоя. Часть из них оседает на стенках и фильтре, но некоторые попадают под другие головки, царапая их и пластины. Вскоре дефекты возникают и на остальных пластинах, а головки выходят из строя.

В таких случаях замена блока головок часто позволяет считать данные с неповрежденных дорожек. Однако при нарушении поверхности пластин и новые головки долго не продержатся. Возможно, их хватит только на несколько минут работы!



Рис. 4.1. Разрушение магнитного слоя — запил пластины вблизи шпинделя

Во флеш-накопителях может произойти деградация отдельных ячеек памяти или их групп. Электрический пробой, например статическим электричеством, иногда выводит из строя микросхему флеш-памяти целиком.

На лазерных дисках повреждение рабочего слоя бывает видно невооруженным глазом — царапины и отслоение покрытия обычно хорошо заметны. Дефекты на нижней поверхности диска сюда не относятся. Они лишь мешают нормальному считыванию — ведь от отражающего слоя с данными их отделяет почти миллиметр поликарбоната! Если удастся ликвидировать такие царапины, мы вновь получим доступ к информации на лазерном диске.

Невозможность считывания данных

Другая группа проблем связана с нарушением передачи данных с носителя в его интерфейс. Здесь надежд на извлечение информации значительно больше. Данные остались, нужно только получить к ним доступ. В сущности, требуются ремонт устройства или замена неисправных узлов.

В жестких дисках начнем изнутри гермоблока. Заклинивание шпинделя — достаточно распространенный случай. Обычно это связано с хроническим перегревом диска. «Клин» может быть и следствием конструктивных недоработок. Например, для некоторых серий винчестеров Hitachi такая проблема возникает после нескольких лет эксплуатации и хорошо известна.

Частая неисправность — износ подшипника и появление люфта шпинделя. Из-за вибрации и биения пластин, возникающих при вращении шпинделя, страдает точность позиционирования головок над дорожками. В пределе головке вообще не удастся «поймать» дорожку и удерживаться над ней.

Повреждение блока магнитных головок (БМГ) — еще одна причина недоступности содержимого диска или общей его неработоспособности. Головки иногда

страдают при ударе о парковочную стойку, если произошел сбой системы позиционирования. Касание головкой поверхности пластины тоже в первую очередь повреждает головку — она попросту стачивается. Самый очевидный сценарий повреждения головок — удар по работающему винчестеру.

Залипание головок происходит, если почему-то не сработал механизм парковки в момент остановки диска. Вариант — головки были запаркованы, как положено, но из-за резкой встряски БМГ вышел из этого положения, и головки оказались в рабочей области пластин. Прилипшие к поверхностям «блинов» головки не дают раскрутиться шпинделю. Для устранения проблемы нужно вскрыть гермоблок, освободить головки и перевести их обратно в зону парковки. На практике залипание головок часто сопровождается и их повреждением. Тогда придется заменить БМГ.

Неисправности электроники — не менее распространенное явление. Причины банальны: броски напряжения, неправильное подключение, перегрев, а также заводской брак и старение деталей. На плате электроники расположены почти все компоненты: микропроцессор, ПЗУ (часто флеш-память встроена в микросхему процессора), оперативная память винчестера, контроллеры управления двигателем и катушкой позиционера, схемы преобразования данных и сопряжения с внешним интерфейсом. Из всей электроники внутри гермоблока находится только предусилитель БМГ. Аварии электронных схем часто бывают комплексными — один из сгоревших компонентов «утягивает» за собой и ряд других.

Простую мысль о том, что при неисправности процессора, контроллеров и других компонентов легко взять на замену плату электроники со сходной модели, навевали винчестеры минимум десятилетней давности. Несколько лет назад автор переставил плату с уже тогда немолодого 10-гигабайтного винчестера WD на гермоблок 20-гигабайтного диска той же фирмы, и получившаяся «химера» емкостью 20 Гбайт прекрасно работает до сих пор!

На самом деле, с современными дисками такая операция проходит гладко лишь в редких случаях. Даже при точном совпадении моделей «донора» и «реципиента» успех вовсе не гарантирован.

Во флеш-памяти (ППЗУ) хранится микропрограмма, алгоритмы которой меняются от версии к версии, а новые версии прошивок выходят довольно часто. Нередко там же находятся и адаптивы, другие служебные данные. Они записываются в процессе заводского тестирования и уникальны для каждого конкретного экземпляра винчестера. Возможно, стоит попытаться перепаять флеш-память с «родной» на замененную плату, но и это не всегда становится решением проблемы. В этом отношении рациональным выходом может быть элементный ремонт сгоревшей платы, например, замена деталей в цепях питания, и даже контроллеров привода шпинделя или позиционера.

Что бы ни говорилось об «устройствах для считывания данных непосредственно с пластин винчестера», пока их никто не видел! Будем считать это фантастикой. На сегодняшний день единственным реальным способом прочитать хоть что-то с поверхности «блинов» является использование штатных БМГ и платы электроники.

Максимум, что можно сделать сверх предусмотренного изготовителями винчестеров — читать данные не через штатный, а через сервисный интерфейс. Он быва-

ет выведен на контактные площадки платы или же, как в винчестерах Seagate, на некоторые из штырьков блока джамперов. При этом удастся получить содержимое служебных областей, полностью скрытых от чтения обычными методами. Однако скорость передачи данных через сервисный порт очень мала, и считывание всего диска может длиться сутками и даже неделями.

С полупроводниковыми дисками USB чуть проще. Их архитектура позволяет, в принципе, считать содержимое отдельно взятой микросхемы флеш-памяти на программаторе. Основная сложность в том, что делать с полученными данными дальше.

В полупроводниковых накопителях известным источником проблем являются цепи питания и контроллер интерфейса. Они первыми принимают на себя электрический удар, и могут попросту выгореть. Нельзя сбрасывать со счетов и механические повреждения разъема или дорожек печатной платы. Флеш-диски USB часто страдают от неаккуратного обращения, и в числе неисправностей на первое место выходит нарушение контактов.

Таким образом, при аппаратных проблемах очевидное решение — диагностика и ремонт накопителя различными способами. Важно все время помнить, что цель такого ремонта — вовсе не вернуть полностью исправное состояние дисковода, а только получить доступ к данным. «Ремонт ради извлечения данных» обязательно неразрушающий, он полностью исключает какую-либо перезапись блоков с данными, да и со служебной информацией должен обращаться предельно бережно!

Интерпретация физических секторов

Возвращение диска после ремонта в почти первоначальное состояние — идеальный случай. На практике вполне может оказаться, что доступ к содержимому блоков получен, но должный их порядок неизвестен.

Процедура перевода «сырой» последовательности секторов в вид, пригодный для дальнейшего анализа, неизбежна при утрате оригинальных таблиц трансляции. При этом нужно учесть подмену bad-секторов секторами из резервной области и другие отклонения от ожидаемой последовательности блоков. Первая же ошибка в определении смещения сделает всю дальнейшую последовательность бессмыслицей.

В современных флеш-дисках, как правило, применяется достаточно сложная трансляция адресов. Производители, которых очень много, разрабатывают ее каждый на свое усмотрение. Таблицы хранятся либо в отдельной области основной микросхемы памяти, либо в ячейках ППЗУ, конструктивно размещенного в микросхеме управления.

Если диск состоит из двух и более микросхем флеш-памяти, при записи обычно осуществляется чередование блоков между ними (что-то наподобие RAID 0). Поэтому сборка правильной последовательности блоков после считывания на программаторе становится первоочередной задачей.

Даже если удалось отремонтировать устройство либо «пересадить» флеш-память на идентичную плату с той же прошивкой, проблемы могут возникнуть с переназначенными блоками. Каждый из них «сбивает» ожидаемый порядок соответствия физических и логических (LBA) блоков.

Нарушения логической структуры данных

В начале книги подробно расписана иерархия логических структур на дисках. Допустим, мы знаем, что на диске должны быть определенные файлы, и открываем его через Проводник Windows. Из таблицы разделов система выясняет расположение разделов диска. ОС обращается к блокам, в которых должна располагаться файловая система, берет оттуда сведения о местонахождении блоков с содержимым файлов, отображает список файлов и папок, а далее может открыть и содержимое файлов.

Если ОС не смогла обнаружить разделы, файловые системы на них, в файловой системе отсутствуют или искажены записи о файлах, либо эти записи ссылаются на несуществующие блоки — мы думаем о потере информации. Понятно, что сама информация с диска никуда не делась, просто утрачены или некорректны ссылки на нее. Проблема на любом из уровней логической иерархии делает данные недоступными через обычные средства ОС, и не более того!

Причины и механизмы

Любую многоуровневую систему испортить очень легко — достаточно «выбить из нее любой кирпич». Механизмы повреждения логической структуры могут быть различными:

- ❑ физический дефект секторов, хранивших записи таблицы разделов или составляющих файловую систему;
- ❑ аппаратные сбои в процессе записи данных:
 - одна из типичных причин — броски и «провалы» питания, которые влияют на работу и дисков, и контроллеров ATA;
 - извлечение USB-дисков, когда на них проводится запись, — еще одна типичная ситуация;
 - прожиг лазерных дисков никак не контролируется в реальном времени, и ошибки при их записи/перезаписи — обычное дело;
 - сбои оперативной памяти — запись на диск кешируется, и ошибки в кеше закономерно приводят к ошибкам на диске;
- ❑ системные ошибки при выполнении операций с диском:
 - особенно уязвимы логические структуры в процессе дефрагментации дисков, когда перенос блоков данных чередуется с обновлением записей ФС;
 - автоматическое исправление ошибок на дисках при их проверке порой усугубляет появившиеся проблемы;
 - принудительное завершение процессов, ведущих запись на диск;
- ❑ «жесткое» выключение или перезагрузка компьютера в процессе записи;
- ❑ опрометчивые действия пользователей. Дисковые утилиты на рабочем компьютере «чайника» — примерно то же, что заряженный пистолет в руках ребенка.

Не меньший риск представляют и попытки установить несколько систем, различные менеджеры загрузки, всевозможные «оптимизаторы дисков», словом, все, что так или иначе может затронуть MBR или файловые системы;

- действия вредоносных программ (вирусов), искажающих или уничтожающих записи файловой системы. Хотя на первое место сегодня вышли программы-шпионы и прочая «нечисть», ориентированная на Интернет, традиционные файловые вирусы никуда не исчезли! Забавный пример недавнего времени — Trojan:Win32/Bumal!rts (Win32.HLLW.Lime), который присваивает папкам на диске атрибут «скрытый» и создает исполняемые файлы точно с теми же именами.

Обо всех возможных вариантах повреждения логической структуры данных легко догадаться, четко представляя уровни этой структуры. Кое-что возможно лишь чисто теоретически, другие нарушения на практике встречаются довольно часто.

При обычной загрузке операционная система не проводит проверку целостности дисков и томов на них. Скажем так — она безоговорочно верит записям таблиц разделов и файловых систем! К сожалению, при искажении логических структур такое доверие вполне может «выйти боком».

Есть лишь один механизм самопроверки, который срабатывает далеко не всегда. При загрузке ОС для каждого смонтированного тома устанавливается так называемый «грязный бит» (VolumeDirty, или Dirty Bit). При корректном завершении работы системы этот флаг снимается. Если работа была завершена аварийно, например, отключением питания, «грязный бит» остается на томе.

При каждой загрузке ОС ядро вызывает программу %WinDir%\System32\autochk.exe, которая проверяет, заданы ли «грязные биты» томов. Если «грязный бит» присутствует, программа autochk немедленно запускает команду `chkdsk /f` для этого тома. Команда `chkdsk /f` проверяет целостность файловой системы и пытается устранить все возможные неисправности тома.

Чтобы проверить наличие «грязного бита» на томе, необходимо ввести команду `fsutil dirty query C:`, где C: — буква диска. Для установки «грязного бита» вручную введите команду `fsutil dirty set C:`, где C: — буква диска. При следующей загрузке системы диск будет проверен автоматически. Снять «грязный бит» вручную нельзя, остается только перезагрузить систему и дождаться завершения автоматической проверки.

Уничтожение или повреждение главной загрузочной записи приводит к тому, что ОС считает диск непроинициализированным и, естественно, сразу же предлагает его инициализировать. При инициализации MBR или GPT переписываются заново, существовавшие разделы в любом случае исчезают.

Таблица разделов может повреждаться по-разному. Искажением таблицы разделов порой «трешат» программы для «неразрушающего переразбиения дисков» наподобие Partition Magic.

Некорректное изменение ссылки на первый сектор раздела заставляет ОС искать загрузчик и начало таблицы размещения файлов там, где их нет — диск становится якобы неотформатированным. Если отформатировать такой раздел, как предлагает

ОС, будет создана новая ФС, начиная с начального сектора раздела согласно таблице разделов. Пока еще абсолютно целы, хотя и недоступны, и записи старой ФС, и все блоки данных. Когда на томе начинается запись, возникают реальные проблемы:

- ❑ вновь записываемые блоки данных, скорее всего, сначала затрут секторы с записями старой файловой системы;
- ❑ по мере заполнения диска будут последовательно затерты кластеры со старыми данными — восстановить их станет невозможно.

Известная категория ошибок — *перекрестные ссылки*. Они могут появляться на любом уровне логической структуры. Обычно такие ошибки являются следствием несогласованной записи на диск, а иногда происходят по вине программ для манипуляций с разделами и ФС.

Например, в одной из записей таблицы разделов неправильно указан размер раздела. Получается, что конец предыдущего раздела «наползает» на начало следующего (рис. 4.2).

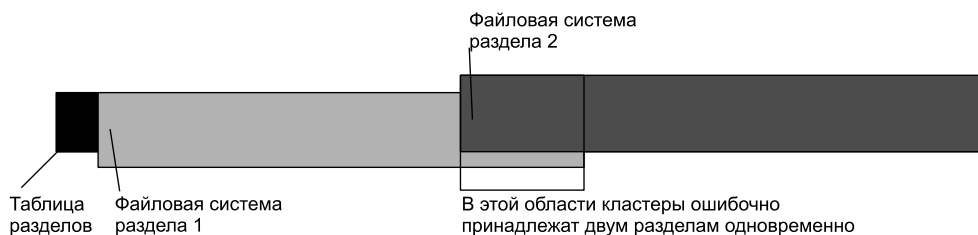


Рис. 4.2. Пересечение разделов

Очередной файл вполне может быть помещен в тот кластер, в котором располагались записи файловой системы следующего раздела. В результате запись на один диск в какой-то момент приведет к исчезновению следующего логического диска!

Чаще перекрестные ошибки возникают внутри файловой системы одного раздела. Две записи ФС ссылаются на один и тот же кластер. Скорее всего, валидным окажется тот файл, который был записан последним. Файл, на который ссылается более ранняя запись, в таком случае будет обрезан и безнадежно испорчен.

Файловые системы FAT подвержены возникновению перекрестных записей и «битых» файлов в большей мере, чем NTFS. В NTFS работает механизм контроля транзакций, и он чаще всего предупреждает появление неоднозначных ссылок.

Потерянные кластеры

Особый, и довольно распространенный случай — расхождения между таблицей файлов и битовой картой. Первая, как известно, связывает имена файлов с занимаемыми ими кластерами, а вторая указывает системе, какие кластеры заняты, а какие свободны. Аналогичные структуры есть и в FAT, и в NTFS.

Внешне несогласованность двух структур выглядит как появление так называемых *потерянных кластеров*. Битовая карта сообщает, что кластер или целая их

группа заняты, но таблица файлов умалчивает, какому файлу эти фрагменты принадлежат. Очевидно, файл «пропал», хотя фактически на диске он есть. К счастью, в таком состоянии он может существовать сколь угодно долго — битовая карта «не пустит».

Обратная ситуация: в файловой таблице запись о файле есть, но занятые им кластеры, согласно битовой карте, считаются свободными. Подобное положение вещей чревато тем, что в кластеры с содержимым файла будет записано что-то новое. Это уже настоящая и безвозвратная утрата информации! Предотвратить такой инцидент может только своевременная проверка диска на логические ошибки.

Причины возникновения ошибок мы уже перечислили: аппаратные и системные сбои, ошибки или сброс дискового кеша и т. д. Критическим является момент перемещения, переименования или удаления файлов, а также период дефрагментации диска.

С ошибками обоого рода достаточно успешно справляется стандартная программа `chkdsk`. Автоматически она запускается при загрузке системы, если на томе обнаружен «грязный бит». В другое время вы можете запустить ее из командной строки (с правами администратора) либо через графический интерфейс — кнопкой **Выполнить проверку** на вкладке **Сервис** диалогового окна свойств диска.

Без параметров в командной строке или со снятыми флажками в диалоговом окне запуска программа `chkdsk` только проверяет целостность ФС и выводит отчет, но изменений на диск не вносит. Если же запустить ее с параметром `/f` или в диалоговом окне проверки установить флажок **Автоматически исправлять системные ошибки** (рис. 4.3), программа будет исправлять обнаруженные ошибки.

Когда для файловой записи не найдены соответствия в битовой карте, программа `chkdsk` вносит коррективы в последнюю. Занятые файлом кластеры обозначаются как занятые — ошибка исправлена наилучшим образом.

При обнаружении потерянных кластеров программа преобразует каждую из их непрерывных цепочек в отдельный файл. Для этого она создает новые записи в таблице файлов. Файлы с порядковыми номерами и расширением `chk` помещаются в корень проверяемого тома.

Если цепочка содержала весь файл (файл не был фрагментирован), все отлично. Вы можете открыть СНК-файл с помощью двоичного редактора, по сигнатуре или характерным последовательностям определить его истинный формат. Переименуйте файл и присвойте ему «правильное» расширение.

Куски фрагментированного файла будут разнесены по двум или нескольким СНК-файлам, каждый фрагмент — отдельно. Начальный фрагмент определить просто — он начинается с сигнатуры и содержит характерный заголовок. Чтобы выяснить последовательность остальных фрагментов, придется приложить некоторую смекалку.

«Склеить» фрагменты проще всего с помощью того же HEX-редактора. Критерий правильности сборки — то, что файл успешно откроется в ассоциированной с ним программе.

Действительная история логических проблем на дисках обычно остается неразрешенной загадкой. В руки к нам по большей части попадают носители, по которым хозяева или система уже прошли средствами проверки и исправления оши-

бок. О том, когда, как и что именно случилось с диском на самом деле, остается только предполагать. Все-таки наша первоочередная задача — вытянуть с диска все, что только можно, и лучше, если удастся упорядочить извлеченные данные так же, как они были расположены первоначально.

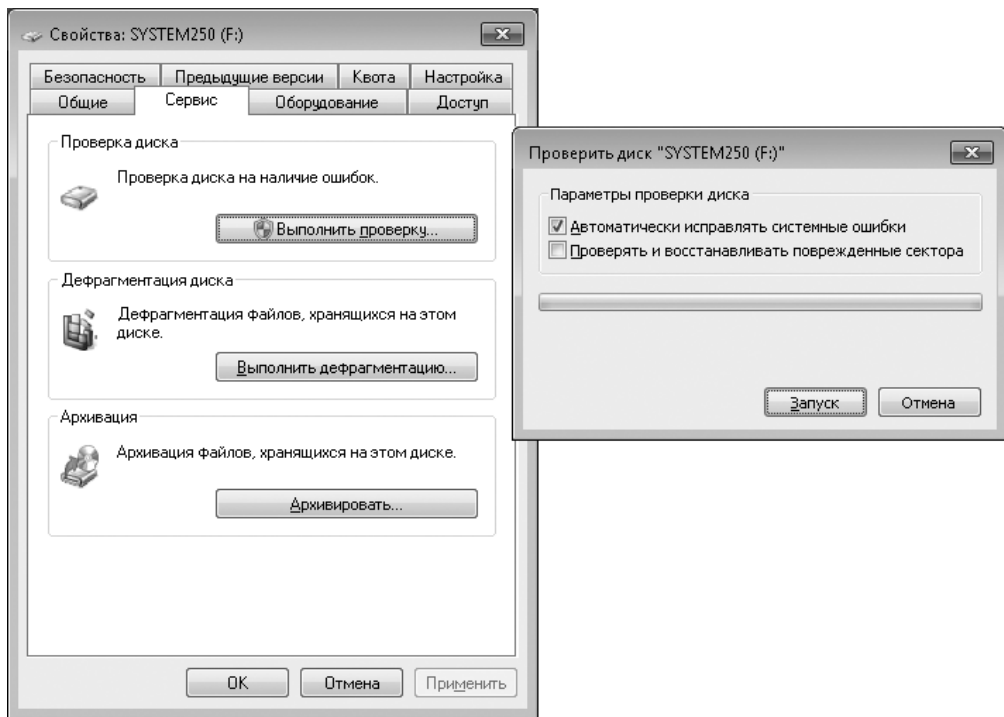


Рис. 4.3. Запуск проверки диска

Способы решения проблем

Как мы видим, нарушение логической структуры данных — достаточно простой случай. В самом общем виде можно предложить три возможных решения:

- ❑ воссоздание таблицы разделов или записей файловой системы по сохранившимся копиям. Не случайно диск обычно содержит дубликаты всех основных логических структур! Это наиболее благоприятный случай — восстанавливается вся древовидная структура дисков, папок и файлов. Разумеется, по возможности стремиться нужно именно к этому.

При восстановлении разделов можно руководствоваться тем, что первый сектор каждого раздела должен содержать загрузчик файловой системы. За последним сектором этого раздела должен идти первый сектор следующего раздела с его ФС и т. д.;

- ❑ поиск характерных структур файловой системы при посекторном чтении диска, их интерпретация как ссылок и извлечение файлов по этим ссылкам. Здесь так-

же возможно полное или частичное восстановление структуры папок — все зависит от того, насколько были испорчены записи файловой системы;

- сканирование диска для поиска отдельных файлов по сигнатурам и другим фрагментам, характерным для данного типа файлов. Имена при этом не восстанавливаются, структура папок тоже, а извлеченные данные сохраняются как набор файлов с условными номерами. При всех ограничениях такая процедура позволяет извлечь часть информации даже при полной утрате записей о логической структуре.

Метод отлично срабатывает для небольших и непрерывных (нефрагментированных) файлов. Главная сложность в том, что при фрагментации файла первый его фрагмент находится по сигнатуре, а вот следующие фрагменты того же файла определить обычно не по чему.

В принципе, по перечисленным схемам данные с диска или из образа можно восстановить и вручную. HEX-редактор в руки, и вперед! Вопрос только в способности анализировать и сопоставлять получаемые сведения, во времени и великом терпении.

Если для дисков с FAT ручное восстановление вполне реально, то при объеме современных дисков и хитросплетениях записей NTFS почти всегда прибегают к специальным утилитам. Компьютер выполняет анализ и перебор вариантов на порядки быстрее человека. Главное достоинство программ, о которых речь пойдет в следующих главах, — скорость проведения «раскопок» на диске и наглядное представление их результатов.

Большинство программ «автоматического» восстановления данных использует все три названных метода. Такие известные средства, как R-Studio или EasyRecovery, прямо предлагают выбрать вариант поиска и восстановления информации. Реконструкция всей иерархии — предпочтительный вариант, и начинать желательно именно с него. Когда же повреждение ФС таково, что не позволяет воссоздать дерево папок, остается прибегнуть к извлечению файлов по их сигнатурам. Основное различие между разными программами этого класса заключается в особенностях алгоритмов, по которым они анализируют содержимое секторов.

На флеш-картах для камер и плееров раздел всегда единственный, а вложенность папок, как правило, минимальная. Поэтому многочисленные специализированные утилиты для работы с такими носителями часто не утруждаются анализом загрузочной записи и файловой системы и сразу применяют третий метод. Тем более, типы файлов, которые можно обнаружить на таких картах, немногочисленны и известны заранее!

Случайное удаление данных

Восстановление данных, корректно удаленных с диска, — частный, но довольно частый случай в практике компьютерного мастера. Ошибок на диске нет. Прогноз восстановления зависит от того, как удалялись файлы, и производилась ли запись нового содержимого в кластеры, которые были заняты ими ранее.

Корзина

Стандартный метод удаления объектов в ОС Windows — перемещение их в Корзину (Trash). В сущности, это вообще не удаление, а перемещение в другое расположение.

Технически Корзина является скрытым системным каталогом в корне каждого раздела. В предыдущих версиях Windows она носит имя RECYCLED, а в Windows 7 — \$RECYCLE.BIN. В ней каждая копия Windows (если диск эксплуатировался на разных компьютерах, или ОС переустанавливалась) создает вложенную папку с длинным именем, состоящим из цифр и дефисов. В такую папку помещаются удаленные с диска объекты, а также ярлыки, указывающие на их первоначальное расположение.

Возврат файлов из Корзины на прежнее место — простейшая пользовательская операция. По-настоящему, т. е. на уровне файловой системы, файлы в Windows удаляются в четырех случаях:

- ☐ очистка Корзины;
- ☐ удаление больших файлов, например, видеозаписей. В таком случае система предлагает удалить объект сразу, минуя Корзину;
- ☐ удаление с помощью сочетания клавиш <Shift>+;
- ☐ удаление с помощью программ типа устаревших файловых менеджеров, не поддерживающих перемещение в Корзину.

Удаление файлов и папок сначала ограничивается изменением записей ФС. Кластеры, ранее занятые этими объектами, помечаются как свободные. В это время восстановить файлы можно полностью. Либо по оставшимся записям ФС определяются адреса нужных кластеров, либо при последовательном чтении диска обнаруживаются сами кластеры с содержимым файла.

В дальнейшем, по мере записи новых файлов, в освободившиеся блоки могут помещаться новые данные. После этого содержимое затертых кластеров утрачивается безвозвратно. События, происходящие при корректном удалении файлов и папок, различны в файловых системах FAT и NTFS.

Удаление файлов в FAT

Структура записей FAT была рассмотрена в *главе 2*. Процесс удаления файлов на томе FAT условно можно разбить на четыре этапа. Первые два выполняются сразу же, как только пользователь дал команду на удаление файла:

1. Сначала в записи каталога (Root Directory) первый символ имени файла заменяется значением E5. Этим ОС обозначает, что данная ячейка в таблице освобождена.
2. Затем очищается цепочка кластеров в таблице FAT. В ячейки таблицы вместо номеров кластеров заносятся значения 00 — кластер помечается, как свободный.

Таким образом, в корневом каталоге пока остаются имя файла (хотя и без первого символа), все его атрибуты, ссылка на номер начального кластера этого файла. Из таблицы FAT пропадают ссылки на все кластеры, которые занимал файл.

Следующие два события могут произойти в любое время. Все зависит от того, когда и куда ОС соберется записывать новые файлы:

1. Создавая очередной файл или папку, ОС находит первую свободную ячейку в записи каталога и вносит в нее информацию о новом файле. При этом сведения об имени удаленного файла и его атрибутах пропадают окончательно.
2. Следом обычно перезаписываются кластеры, в которых находилось содержимое удаленного файла. Заметим, что ОС старается в первую очередь использовать непрерывные участки свободного пространства. Поэтому вовсе не обязательно, что первый же записываемый файл сразу затрет именно те кластеры, которые «освободились» при удалении предыдущего.

До наступления четвертого этапа файл теоретически еще можно восстановить, хотя и без первоначального имени и атрибутов. Мы вправе предположить, что файл не фрагментирован и занимает последовательно идущие кластеры. Номер кластера с концом файла легко вычислить, исходя из размера файла — он приводится в последнем поле записи каталога.

Фрагментация сразу все портит. Главная проблема заключается в том, что не существует безошибочного способа найти и собрать фрагменты файла после очистки записей таблицы FAT.

Так что извлечение нефрагментированного и фрагментированного файлов — разные задачи с совершенно разным прогнозом! Тем не менее, утилитами восстановления данных иногда удается подобрать к «голове» удаленного файла подходящие «хвосты», хотя это делается перебором, и шансы на удачу невелики.

Удаление файлов в NTFS

В NTFS удаление файлов тоже происходит в несколько этапов. При этом нужно учитывать, что есть файлы резидентные и нерезидентные. Как уже говорилось в главе 2, резидентный файл находится в записи \$MFT целиком, а от нерезидентного файла в \$MFT хранится только начало. Процесс удаления выглядит примерно так:

1. В файле \$MFT в записи (File Record) удаляемого файла изменяется атрибут \$BITMAP. Его значение сбрасывается в ноль («запись не используется»). Тем самым операционной системе разрешается использовать освободившуюся запись для размещения нового файла.
2. В файле \$BITMAP, каждый бит которого определяет «занятость» соответствующего кластера, для кластеров, ранее занятых удаленным файлом, устанавливаются значения 0 («кластер не используется»). В дальнейшем эти кластеры могут использоваться для размещения новых файлов.
3. В файле \$MFT в записи (File Record) удаляемого файла поле FLAG, находящееся по смещению 16h от начала File Record, изменяется на ноль («запись обновляется или отсутствует»).
4. В файле \$MFT в записи (File Record) родительского каталога ссылка на файл удаляется из дерева индексов. Это происходит, если только в настройках системы было разрешено индексирование диска.

5. В файле \$MFT в записи каталога, хранившего удаляемый файл, обновляется атрибут \$STANDARD_INFORMATION (время последнего доступа и т. д.).
6. В файле журнала \$LogFile для записей всех затронутых файлов обновляются атрибуты Sequence Number — их значения увеличивается на единицу. Как минимум, обновление касается самого удаляемого файла, каталога, в котором он находился, файлов \$MFT и \$BITMAP.

Каталоги удаляются практически так же, как и файлы. В NTFS каталог — файл, содержащий двоичное дерево индексов, и структура его записи в MFT точно такая же, как у любого другого файла.

В дальнейшем освободившиеся записи MFT и кластеры, в которых находился удаленный файл, могут быть переписаны при создании и копировании новых файлов и каталогов. Однако, пока запись на диск не производилась, все «удаление» сводится к изменению атрибутов файла, а это процедура обратимая!

Следовательно, для восстановления резидентного файла достаточно найти его запись в \$MFT и вернуть значения атрибутов в прежнее состояние. С нерезидентным файлом чуть сложнее — помимо «тела», которое пока остается в MFT, нужно еще найти и задействовать соответствующие файлу кластеры в области файлов.

Удаление разделов

Следующая ситуация касается удаления целых дисков. Выполняется оно обычно через оснастку консоли **Управление компьютером | Управление дисками** или с помощью программ-менеджеров разделов наподобие Partition Magic.

Удаление разделов и создание новых поначалу затрагивает только таблицу разделов MBR. Все содержимое раздела, в том числе и структуры файловой системы, остаются на прежних местах.

Если после удаления разделов на диск производится запись, вполне могут пострадать оставшиеся структуры файловых систем. Скорее всего, постепенно будут затерты и все кластеры с самим содержимым файлов. Происходит это по мере того, как на диск записываются новые порции данных.

Следовательно, для восстановления удаленного раздела достаточно изменить запись в таблице разделов так, чтобы она вновь правильно указывала на начало и конец раздела. Номер начального сектора раздела легко определить по тому, что с этого сектора начинается заголовок файловой системы. Если нужно только скопировать файлы и папки, то даже не обязательно точно указывать конец раздела — проще взять его размер «с запасом», лишь бы не меньше.

Форматирование раздела — более разрушающая операция, чем удаление записи из таблицы разделов. Так называемое «полное» форматирование отличается от «быстрого» лишь тем, что в первом случае проверяется читаемость всех кластеров раздела, и по результатам проверки некоторые могут быть помечены как «плохие» (Bad Clusters).

При форматировании логические структуры всегда записываются заново. В результате старые записи неизбежно затираются. Однако в NTFS это не так уж

страшно — новая, почти пустая, таблица MFT пока имеет минимальный размер и заменяет только самое начало старой.

Как и при восстановлении удаленных файлов, целесообразно обратиться к специализированным утилитам, хотя редактирование записей вручную тоже возможно. В следующих двух главах мы рассмотрим приемы восстановления данных из разрушенных или корректно удаленных логических структур. Там же обсудим некоторые программы, которыми удобнее всего пользоваться для этих целей.

Моделирование проблем

«Тяжело в учении — легко в бою». Для специалиста по восстановлению данных, да и любого сервис-инженера, эта фраза приобретает особое значение. Тренироваться на клиентских винчестерах крайне нежелательно. За это могут и побить!

Где же набраться практики и опыта? Поработать нужно и с аппаратными неисправностями винчестеров и флеш-дисков, и с логическими ошибками.

В первом случае потребуется реальное «железо». В любой компании, даже не компьютерной, наверняка найдется немало «убитых» винчестеров. Выбросить их всегда жалко, но и толку от них никакого! Остается только отыскать, куда их забросили. Как вариант, пообщайтесь со всеми знакомыми сисадминами и завхозами — по меньшей мере, десяток нерабочих жестких дисков вам обеспечен.

Вот и представьте, что с каждого из этих дисков надо извлечь информацию! На «подопытных» винчестерах вы можете смело отрабатывать любые приемы ремонта аппаратной части и извлечения информации.

Кстати, те, кто всерьез занимается восстановлением данных, бережно хранят и при каждом случае пополняют коллекцию жестких дисков. Это источник БМГ и плат электроники. Чем обширнее и аккуратнее такое собрание, тем выше шансы сразу найти подходящего «донора» для восстановления неисправного дисководов. На рис. 4.4 показан «склад запчастей» одного из крупных центров по восстановлению информации. В нем хранится более 10 000 винчестеров.

Найти для опытов неисправные «флешки» и испорченные лазерные диски проще простого. На них вы тоже сможете потренироваться по полному циклу — от диагностики и ремонта до извлечения реальных данных.

В отличие от аппаратных проблем, логические ошибки легко смоделировать на отдельно взятом компьютере. Единственное, чем не стоит заниматься — создавать эти проблемы на его основном рабочем винчестере.

Первый вариант — подключить какой-нибудь не очень нужный жесткий диск и на нем отрабатывать восстановление удаленных файлов, разрушенных файловых систем и загрузочной записи.

Как создать ошибки? Запустите HEX-редактор и записывайте на диск нули или случайные значения. Целесообразно заполнять таким содержимым целые секторы — это больше соответствует реально происходящим авариям.

Другой вариант интереснее. Виртуальные машины (Oracle VM, VirtualBox, VMware) отлично имитируют настоящие компьютеры. Эмуляция жестких дисков и ошибок на них в ВМ практически полная — ведь виртуальный диск является са-

мым настоящим посекторным образом диска. Физические диски и устройства USB тоже подключаются к ВМ вполне прозрачно — нужно лишь задать подходящие настройки.



Рис. 4.4. Склад винчестеров-«доноров»

Перезагрузка ВМ, подключение и отключение виртуальных дисков происходят очень быстро. Поскольку такие операции приходится выполнять часто, эксперименты на ВМ отнимают гораздо меньше времени, чем работа на реальной машине. К тому же, на хост-системе могут быть постоянно открыты браузер, справочники и т. д. Полезно держать такие материалы всегда перед глазами, а не искать их заново после каждой перезагрузки.

Немаловажно, что виртуальные диски — всего лишь файлы-образы на диске хост-системы. Их можно создавать и быстро клонировать в любых количествах. Встроенные инструменты ВМ позволяют создавать моментальные снимки состояния (snapshots) виртуальных дисков и виртуальной машины в целом.

О виртуальных машинах и тонкостях работы с ними подробно рассказано в справочных системах этих программ. Сравнение Oracle VM VirtualBox (ранее Sun VirtualBox) с VMware относится к области «религиозных войн», ибо по всем параметрам обе системы практически равноценны. Небольшое преимущество продукту Oracle дает то, что он бесплатный, и пользоваться им вы будете легально. Пожалуй, остальные ВМ в качестве «полигона» для моделирования ошибок на дисках и последующего восстановления данных немного уступают двум названным, что ничуть не умаляет прочих их достоинств.

«Контрольная сумма»

В этой главе мы обрисовали основные механизмы потери данных. Во многом это тоже «теория». Однако ясное представление обо всех возможных проблемах — почти готовый ответ на вопрос: «Что, чем и как восстанавливать?»

Характер физических, или аппаратных, неполадок связан с типом устройства. Для винчестеров это физические дефекты поверхности, повреждение головок, неисправности электроники. Для флеш-дисков и карт памяти спектр проблем чуть иной: либо неисправность флеш-памяти, либо контроллера, либо обвязки.

Общая идея такова: если налицо повреждение самого носителя, с содержимым испорченных участков стоит распрощаться сразу, а сохранность остального под вопросом. Если же пострадали компоненты, обеспечивающие связь между носителем и интерфейсом, существует реальный шанс их отремонтировать, и извлечь с диска все (или почти все).

Логические ошибки на дисках могут быть следствием аппаратных проблем — повреждены секторы, хранившие логические структуры. Однако чаще такие ошибки возникают в результате временных и обратимых сбоев.

Мы почти не упоминали лазерные диски. Логическая их структура проста и однозначна, а связь между физическими дефектами и логическими ошибками наглядна. Кроме того, диски и приводы существуют независимо друг от друга — это сразу упрощает и диагностику, и восстановление.

Все, что сказано в этой главе о логических ошибках, стоит проверить на практике. Одно дело — прочитать теорию, а другое — исказить на «подопытном» диске содержимое отдельных секторов, пронаблюдать, во что это выльется, а затем попробовать восстановить информацию разными способами.

Заодно удастся трезво оценить, к каким манипуляциям вы технически и морально готовы на настоящий момент. Особенно это касается вмешательства в аппаратную часть.

Например, возьметесь ли вы за замену блока головок или предпочтете отдать такой заказ более опытному и оснащенному коллеге? На рынке восстановления данных репутация стоит дорого, а способность честно обозначать границы своих возможностей только укрепляет ее. Наоборот, тот, кто забывает о принципе «не навреди», моментально теряет и доверие заказчиков, и уважение товарищей по цеху.

ГЛАВА 5



Организация извлечения и восстановления данных

Этой главой оканчивается «общая часть» и начинается «специальная». Как хранится информация и что с ней может произойти, в общих чертах мы выяснили. Теперь предстоит решить очередной вопрос — к чему нужно быть готовым, чтобы извлечь данные с различных накопителей после разных неприятных происшествий.

Оборудование и средства

Восстановление информации — достаточно затратное занятие. Во всяком случае, если не ограничиваться программным извлечением удаленных файлов с исправных дисков, многие операции выполнить «на коленке» не удастся. Отсюда понятны и сложившиеся цены на услуги такого рода.

Что делать с проблемным диском и в каком объеме, каждый решает сам. Для домашнего пользователя или системного администратора утрата данных на винчестере или «флешке» — редкий и довольно неприятный эпизод. С другой стороны, это интересный вызов вашим знаниям и умениям. Из предыдущих глав можно сделать вывод, что ничего тайного и «запредельного» в хранении информации нет. Однако ограничения накладывает техническое оснащение. Скорее всего, в вашем распоряжении есть только тестер, паяльник, компьютер и неограниченный набор программ. В последнем смысле вы почти не уступаете даже специализированной фирме!

Любой ремонтник широкого профиля с подобными случаями сталкивается неоднократно. В технический отдел компьютерной фирмы, ИТ-подразделение крупного предприятия или к частному мастеру обычно несут все подряд. Среди заказов попадаются и «посыпавшиеся» винчестеры, и испорченные флеш-диски, и нечаянно отформатированные диски всех видов. Тут опять полное право выбора за вами — то ли браться за спасение пропавших данных самому, то ли сразу переадресовывать пострадавшего к «коллегам-конкурентам» из специализированных компаний.

В компьютерных мастерских найдутся паяльные станции, программаторы, некоторые запчасти. Основное для аппаратного ремонта накопителей у любого мастера

по компьютерам есть, хотя и ему вход внутрь гермоблоков винчестеров, как правило, заказан. Дальнейшее зависит от интереса к работе подобного рода и элементарной окупаемости.

Если заказы на восстановление данных поступают регулярно, возможно, есть смысл заняться им вплотную. Где лежит рубеж между «просто мастером» и «специалистом по восстановлению»? На мой взгляд там, где один настоящий специалист не смог помочь, окажутся бессильны и любые его коллеги — информация действительно утрачена безвозвратно. Для обычного же мастера область «невозможного» гораздо шире — его ощутимо ограничивают и умения, и оборудование.

На первое место выступают экономические соображения. Цена программно-аппаратного комплекса обычно «отбивается» не с первого десятка восстановлений, а «чистая комната» или хотя бы бокс с необходимыми приспособлениями — еще позже. Не исключено, что поселок или среднего размера городок не сможет обеспечить достаточного потока клиентов даже единственному специалисту исключительно из-за численности населения.

Рабочее место и инструменты

Все начинается с основных инструментов для ремонта электроники. Каждый подбирает их «под себя» — к хорошим инструментам привыкаешь быстро!

□ Паяльное оборудование:

- паяльник — с тонким жалом, низковольтный, с заземлением. Желательно с регулятором температуры;
- паяльный фен (воздушная паяльная станция). Для демонтажа и пайки микросхем удобны насадки соответствующей формы: щелевые, квадратные, прямоугольные.

□ Тестер (цифровой мультиметр).

□ Лупа и местная подсветка нужны при работе с мелкими деталями, например, при ремонте «флешек».

□ Отвертки — для работы с винчестерами обязательно понадобится «звездочка» типоразмера Torx T9. Сегодня она входит почти в каждый набор отверток со сменными битами.

□ Пинцеты, скальпели, иглы и прочие хирургические и зубоврачебные инструменты незаменимы при тонких манипуляциях с печатными платами — что-нибудь поддеть, зачистить, придержать или прижать во время пайки.

Пока вы не собираетесь проникать внутрь гермоблока, вам достаточно обычного рабочего места радиомастера. Требования к нему общеизвестны: устойчивый просторный стол и хорошее освещение. Добавим к этому наличие надежного заземления (не за батарею отопления), чтобы избежать пробоев статическим электричеством и, пожалуй, источника бесперебойного питания.

Специфика появляется, когда дело доходит до знакомства с внутренностями винчестеров. Вскрытие гермоблока в обычном помещении неизменно приводит к

скорейшей гибели поверхности пластин и магнитных головок. Бытовая пыль, которая взвешена в воздухе, попадает на детали и действует подобно абразиву. Толщина воздушной подушки между головками и вращающимися пластинами сопоставима с размерами пылинок, и после включения дисководов они обязательно исцарапают поверхность. Аэродинамика головок нарушится, начнутся касания поверхности. Головки будут необратимо повреждены, а затем они окончательно «запилят» пластины.

Поэтому вскрывать гермоблок и выполнять дальнейшие манипуляции с его «начинкой» следует только в условиях *чистой комнаты* или, как минимум, *чистой зоны*. Принцип их работы основан на тщательной многократной фильтрации воздуха и создании избыточного давления, не пропускающего запыленный воздух извне. Кроме того, все поверхности внутри должны быть антистатическими, гладкими и легко очищаться.

Чистая комната — инженерное сооружение, состоящее из камеры со специальными покрытиями на стенах, потолке и полу, шлюза и фильтровентиляционной установки. Чистая комната рассчитана на то, чтобы человек, одетый в комбинезон, бахилы, шапочку и маску, находился внутри нее вместе с инструментами и ремонтируемыми дисками. Чаще всего камера площадью несколько квадратных метров собирается внутри большего помещения из легких конструкций (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Конструкция чистой комнаты

Фильтровентиляционная установка (ФВУ) чистой комнаты снабжена предварительными и HEPA-фильтрами (High Efficiency Particulate Air). Они задерживают 99,99 % пылинок размером свыше 0,3 мкм.

Все компоненты чистых комнат, включая мебель и спецодежду, приобрести просто — их поставляют и монтируют множество компаний по всему миру, в том числе и в России. Однако даже минимальный комплект обойдется не менее чем в 10 тыс. долларов. К тому добавьте расходные материалы: фильтры, коврики, салфетки.

Более демократичное, хотя и не такое удобное решение, — мобильная чистая зона, или ламинарный бокс. Они выпускаются в напольных и настольных исполнениях (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Ламинарные боксы

За счет довольно мощного, но равномерного потока очищенного воздуха в них создается постоянный подпор давления. Он и не позволяет пыли проникнуть в рабочую зону через открытую щель в нижней части камеры.

Несмотря на гораздо меньший объем камеры, производительность ФВУ чистой зоны должна быть почти такой же, как в стационарной чистой комнате. Поэтому цена этой, на первый взгляд, простой системы составляет не менее 2 тыс. долларов, а комплект сменных фильтров стоит еще долларов около 250.

Для снятия и установки БМГ, перестановки пакета пластин и других операций нужны съемники и приспособления. Для разных серий винчестеров они свои. Это почти штучные изделия. Выпускают их немногие фирмы, например, индийская компания HDRC (www.hdrconline.com) или HDD Surgery (www.hddsurgery.com) в Сербии. Цена каждого приспособления составляет порядка 500 долларов и более.

Важное правило работы в любой чистой зоне заключается в том, что там никогда и ничего не стряхивается и не сдувается, а только смывается или протирается влажным материалом. Для промывки деталей используют этиловый и изопропиловый спирты, для протирки инструментов — салфетки, смоченные антистатическим раствором.

Программаторы и программно-аппаратные комплексы

Еще одна категория оборудования, специфического для восстановления информации, — программаторы и программно-аппаратные комплексы. Во многих случаях они незаменимы.

Для обращения к последовательному служебному интерфейсу жесткого диска с целью диагностики, а иногда и считывания данных, применяются программаторы-терминалы (адаптеры). Задача такого программатора — преобразование напряжения сигналов последовательного порта к уровню, с которым работает служебный интерфейс винчестера. Схемы для самостоятельной сборки подобных устройств несложно найти в Интернете. Например, простой программатор, работающий через COM-порт, строится на микросхеме MAX232 или ее аналогах (рис. 5.3).

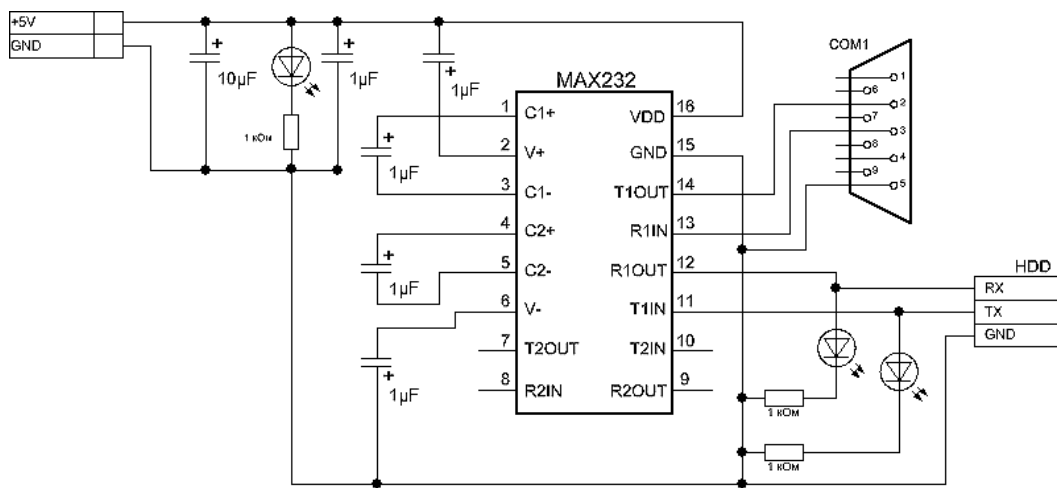


Рис. 5.3. Программатор RS232-TTL

Питание такой программатор получает от БП компьютера через тот же COM-порт или по линии +5 В (красный провод разъема Molex). Для подачи команд и приема ответов диска нужна терминальная программа, например стандартная утилита Windows XP и предыдущих версий HyperTerminal или PuTTY (www.putty.org).

Программаторы совершенно другого типа нужны для считывания содержимого микросхем флеш-памяти. Прежде всего, для этого могут использоваться универсальные устройства. Они предназначены для работы с различными микросхемами, в том числе и NAND Flash. Пример таких программаторов — семейство Тритон

(www.triton-prog.ru). В него входят базовые микропроцессорные блоки нескольких видов (рис. 5.4), множество сменных панелек-переходников под разные конструктивы микросхем (рис. 5.5), а также программное обеспечение.



Рис. 5.4. Программатор ТРИТОН+ V5.7T USB

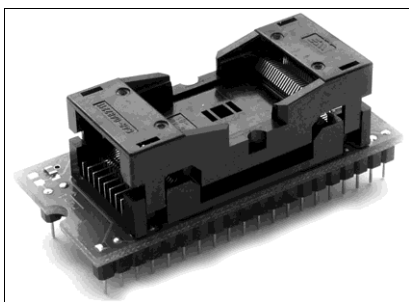


Рис. 5.5. Сменная панелька для микросхем флеш-памяти в корпусах TSOP-48

Список производителей универсальных программаторов довольно велик. Среди зарубежных компаний широко известны Xeltek (www.xeltek.com), ELNEC (www.elnec.com) с марками BeeHive и LabProg и др.

Другой вариант — устройства более узкого назначения. В качестве примера можно назвать «Считыватель Flash» от компании Софт-Центр (www.soft-center.ru). К его базовому блоку присоединяются, помимо адаптера для чипов в корпусах TSOP-48, держатели xD/SD карт и корпусов TLGA.

Особенность подобных продуктов в том, что они комплектуются программным обеспечением для обработки дампов, снимаемых с чипов различных флеш-накопителей. В данном случае это программа Flash Extractor. Собственно, мы видим не просто программатор, а целый программно-аппаратный комплекс.

Программная часть и является основной «фишкой» комплексов. Обычно в нее входят утилита управления, специализированные редакторы, а также набор шабло-

нов и сценариев для работы с образами. Как правило, программатор заодно играет роль «аппаратного ключа защиты» для редактора и других программ — без подключения устройства они не запустятся.

Ведущим разработчиком и производителем программно-аппаратных комплексов для восстановления данных в нашей стране считается ростовская компания ACE Lab (www.ancelab.ru). На сегодняшний день она выпускает комплекс PC-3000 в нескольких модификациях и различные дополнения к нему.

В основе комплекса лежит особая плата PCI. К плате через соответствующие адаптеры подключаются винчестеры с интерфейсами IDE, SATA или SCSI. Другой канал — терминальный (PC-USB-terminal). По нему через служебный интерфейс в жесткий диск подаются управляющие команды и получаются диагностические сообщения.

В комплект входят различные адаптеры, переходники, кабели и коннекторы (рис. 5.6). Существует и портативный вариант комплекса, подключаемый к ПК по USB.

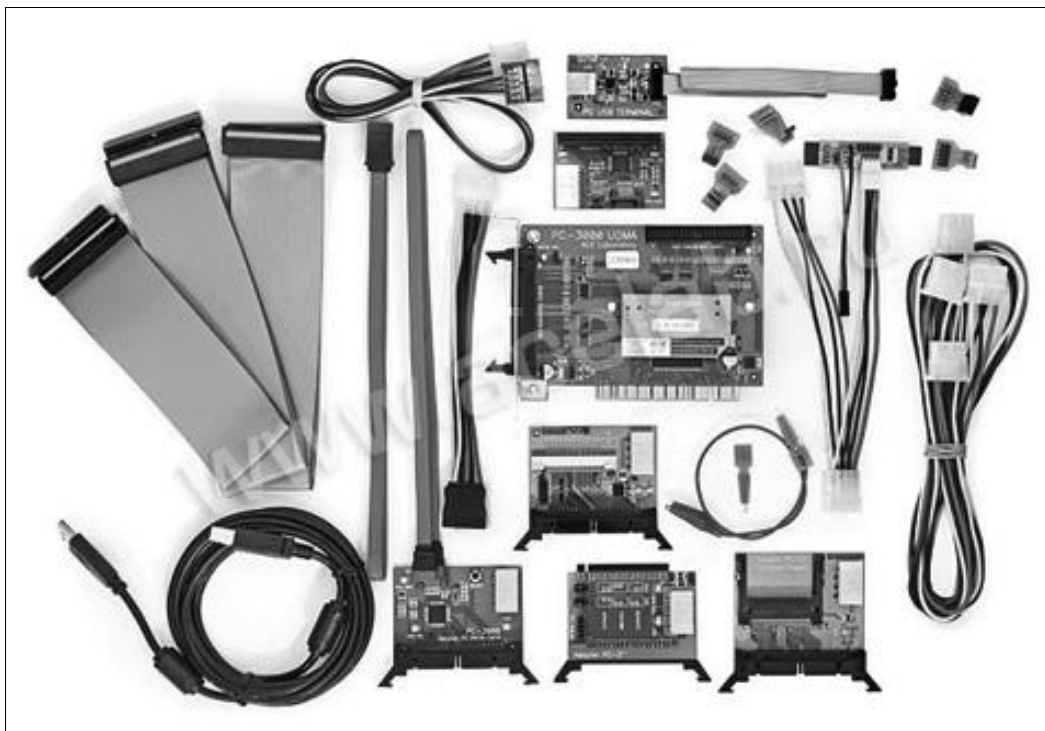


Рис. 5.6. Комплекс PC-3000 для Windows (фото с сайта ACE Lab)

Для работы с флеш-памятью предназначены комплексы PC-3000 Flash и PC-3000 Flash SSD Edition. Они состоят из считывателя (PC Flash Reader) и набора переходников.

Важнейшая часть программно-аппаратных комплексов — их программное обеспечение и документация. Собственно, от обычных универсальных программаторов

они отличаются именно этим. Программное обеспечение состоит из оболочки и базы данных с шаблонами для различных контроллеров и микросхем памяти. В базу данных PC-3000 Flash SSD Edition включены дополнительные шаблоны и алгоритмы для сборки образов диска из дампов микросхем, работающих в твердотельных дисках разных производителей.

Плата или USB-контроллер PC-3000 комплектуются программой Data Extractor UDMA. Она позволяет создавать копии содержимого неисправных винчестеров, при необходимости «на ходу» менять параметры работы с накопителем, воссоздавать или имитировать разрушенный транслятор и извлекать информацию из дампа (образа) диска. Также Data Extractor исправляет различные логические ошибки, в том числе может собирать фрагментированные файлы, несмотря на повреждение логических структур диска.

Документация программно-аппаратных комплексов обширна. Без аппаратной части комплекса и входящих в него программ часть приведенных сведений применить вряд ли удастся. Однако многое, например подробные описания терминальных команд и ответов жестких дисков, пригодится любому мастеру. При определенной настойчивости документацию можно отыскать в Сети — обязательно постарайтесь найти ее и скачать!

Цена программно-аппаратных комплексов PC-3000 лежит в пределах 1000 долларов. Если вы планируете развивать свою лабораторию, специальное оснащение целесообразно начать как раз с них. Тем самым вы обеспечите почти полную восстанавливаемость флеш-дисков и закроете основные проблемы с физически исправными жесткими дисками. Бокс и оборудование для работы с гермоблоками должны стать следующим этапом, но не наоборот.

Пока же продолжим рассматривать простые средства. Все они входят в арсенал мастеров широкого профиля, но к восстановлению информации имеют непосредственное отношение.

Рабочий компьютер

Все сказанное в этом разделе — не более, чем благие пожелания. Чаще всего мы мечтаем о лучшем, а работаем на том, что имеем!

Одни процедуры при восстановлении выполняются довольно долго, другие требуют частого подключения и отключения дисков. Если заниматься этим регулярно, удобно завести отдельный компьютер по типу испытательного стенда. Заодно он послужит и для проверки комплектующих, и для вылавливания вирусов на чужих винчестерах — словом, это «рабочая лошадка» ремонтника.

- ❑ **Материнская плата.** Стенд желательно строить на испытанной и достаточно стандартной материнской плате. Под «стандартной» я подразумеваю плату одного из известных производителей, на одном из долго выпускавшихся чипсетов, лишенную каких-либо «конструкторских изысков».
- ❑ **Контроллеры SATA и IDE** нужны обязательно. В этом отношении заслуживают внимания материнские платы на чипсете Intel 945 с южным мостом ICH6/6R. В нем присутствовали оба типа контроллеров. Сегодня такие платы считаются

устаревшими, но для рабочей станции ремонтника они подходят как нельзя лучше! В следующих поколениях чипсетов от поддержки IDE (Parallel ATA) отказались. На современных платах контроллер IDE выполнен в виде дополнительного чипа, например, JMicron, а на некоторых отсутствует вовсе.

Как вариант, можно установить недостающий контроллер в виде платы расширения PCI. Интерфейс SATA одинаков на дисках 3,5" и 2,5" и с ним проблем не возникает. С дисками IDE сложнее. Чтобы подключить «ноутбучный» винчестер к настольному компьютеру, понадобится либо внешний кейс USB, либо одно из более экзотических решений (рис. 5.7 и 5.8).



Рис. 5.7. Универсальный USB-адаптер для жестких дисков с различными интерфейсами

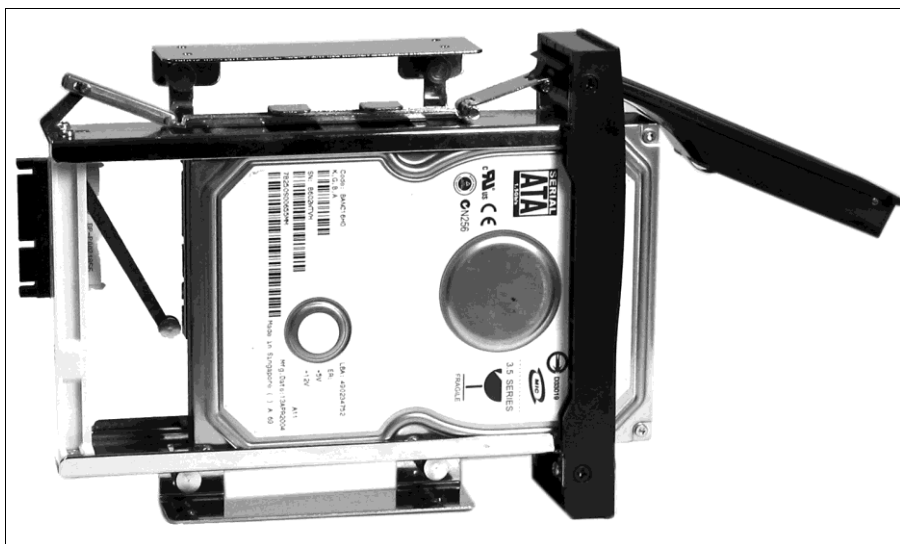


Рис. 5.8. Шасси-переходник для винчестеров IDE 2.5" на стандартный шлейф 3.5"

- ❑ **Процессор**, в принципе, подойдет любой. При посекторном копировании дисков его производительность особой роли не играет. Время создания образа диска определяется исключительно скоростью чтения, а она в подобных операциях невелика.

Мощный процессор пригодится в основном при автоматическом извлечении файлов средствами R-Studio или EasyRecovery. Поиск и перебор вариантов — типичная процессорная задача, и тут разница между Pentium III и Core 2 Quad весьма заметна.

- ❑ **Жесткий диск** большой емкости принципиально необходим. Для сохранения образов и извлеченных файлов обычно требуется место, как минимум вдвое превосходящее объем восстанавливаемого носителя. Помните еще и о временных файлах, промежуточных вариантах и прочих непредвиденных расходах дискового пространства! Вполне уместны и два винчестера: например, на одном система и программы, а на второй мы сохраняем образы и результаты.

Для питания всего этого понадобится надежный и проверенный БП мощностью не менее 400 ватт с достаточным числом свободных разъемов. Не лишним окажется и источник бесперебойного питания.

Выбор операционной системы оставим на ваше усмотрение. С одной стороны, для последних версий известных программ восстановления совместимость с Windows 7 заявлена официально. С другой — для целого ряда удачных во всех отношениях утилит обновления давно не выпускались. Так что в среде Windows XP такие программы многократно испытаны, а вот с Windows 7 правильная их работа не гарантируется. Например, некоторые средства для диагностики и программного ремонта флеш-дисков запускаются только в Windows XP. Возможно, что на рабочем компьютере Windows XP SP3 пока останется системой, оптимальной во всех отношениях.

Загрузочные диски и LiveCD

Загрузочные лазерные или флеш-диски в ряде случаев могут оказаться весьма кстати. Например, основные диагностические программы MHDD и Victoria предназначены для работы в среде MS-DOS. Можно, разумеется, сделать на своем винчестере раздел FAT32, настроить мультизагрузку и запускать программы с него. Однако зачастую проще и удобнее воспользоваться загрузочными дисками CD-R. Тем более, что разработчики предлагают готовые ISO-образы для записи таких носителей.

Загрузочные диски незаменимы и при работе на выезде. Они позволяют быстро оценить ситуацию прямо на компьютере, в котором установлен пострадавший винчестер. С загрузочных дисков запускаются программы, функционирующие в среде MS-DOS и специализированных минимальных дистрибутивов Linux. Например, это программы диагностики винчестеров MHDD и Victoria, средства создания копий и образов Norton Ghost и Acronis True Image, многие дисковые редакторы и программы для манипуляций с разделами.

Диски типа LiveCD — еще один полезный инструмент. С таких дисков запускается полноценная многозадачная ОС, в которой предустановлены необходимые

программы. Принцип в том, что с лазерного диска читается загрузчик, создается виртуальный диск в оперативной памяти, на него копируется образ системы, и ОС запускается уже с этого RAM-диска.

Несомненный плюс — запуск графической среды без системы установки на локальный жесткий диск. Главный недостаток — требовательность к объему оперативной памяти, ведь часть ее резервируется под RAM-диск. На компьютерах с объемом памяти менее 512 Мбайт запуск системы с LiveCD нередко становится проблематичным. Кроме того, система, загружаемая с LiveCD, может создавать временные файлы и файл подкачки на жестком диске. При восстановлении информации это крайне нежелательно, т. к. любая запись на проблемный диск может затереть оставшиеся на нем данные.

Обычно LiveCD строятся на основе Windows PE. Существует и множество решений на базе Linux, но к нашей теме они особого отношения не имеют. Перечислим несколько возможных применений LiveCD:

- ☐ запуск антивирусных программ, проверка и «лечение» жесткого диска;
- ☐ создание образов дисков и разделов;
- ☐ программное восстановление данных любыми утилитами, запускаемыми из среды Windows.

Весьма популярный проект — Hiren's BootCD. На основном сайте www.hirensbootcd.net и его русскоязычном дублере www.hirens2009.narod.ru регулярно выкладываются готовые образы очередных версий мультизагрузочного диска. С него запускаются разнообразные DOS-утилиты, утилиты, выполняемые в среде мини-дистрибутива Linux, либо сеанс Windows с программами практически на все случаи жизни (рис. 5.9).

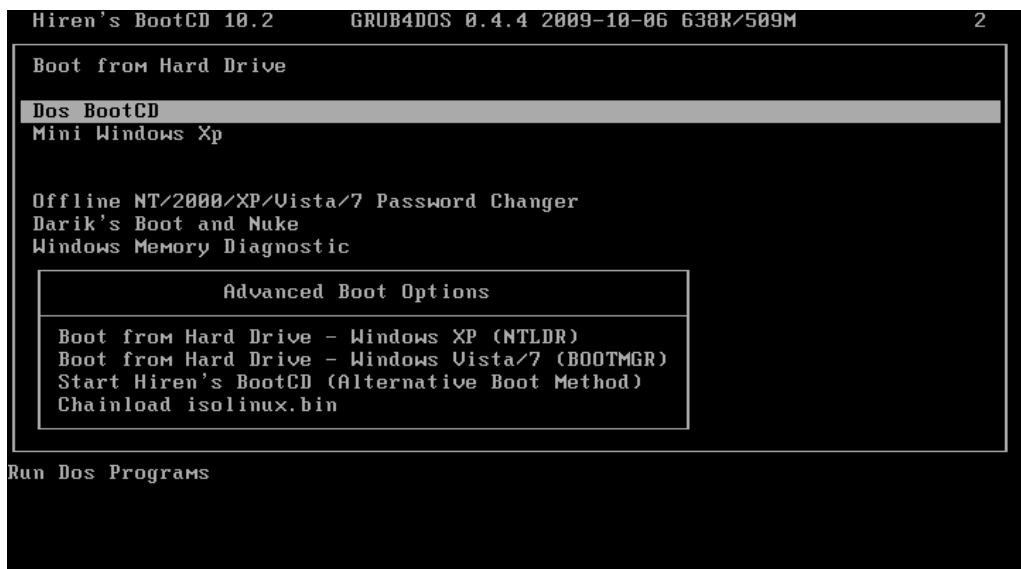


Рис. 5.9. Меню загрузки Hiren's BootCD

В числе этих программ:

- ❑ Active Undelete — программа для восстановления удаленных файлов;
- ❑ Unstoppable Copier — утилита для копирования файлов с неустойчиво читающихся лазерных и других дисков;
- ❑ Recuva — программа восстановления удаленных файлов на жестких дисках, флеш-дисках, картах памяти, mp3-плеерах;
- ❑ Partition Find and Mount — утилита восстановления разделов;
- ❑ Dubaron DiskImage — средство резервного копирования и создания образов дисков. Включает в себя встроенный HEX-редактор и другие полезные утилиты;
- ❑ HDDScan — утилита для тестирования винчестеров и флеш-дисков, а также RAID;
- ❑ Victoria — популярная программа тестирования, диагностики и настройки параметров винчестера.

Все, что можно записать на лазерный носитель, с тем же успехом записывается и на флеш-диск USB. Технически это делается очень просто. Достаточно отформатировать «флешку» с помощью утилит наподобие PeToUSB, RMprepUSB или HP USB Disk Storage Format Tool, чтобы сделать ее загрузочной, а затем скопировать на нее все файлы, которые должен содержать лазерный диск.

Обширную подборку материалов, файлов и форумы, посвященные загрузочным флеш-дискам, вы найдете на сайтах www.bootable.ru или www.flashboot.ru. Последний ресурс интересен еще и тем, что на нем активно обсуждаются проблемы программного ремонта флеш-дисков.

Единственное ограничение связано с материнской платой и BIOS. Большинство моделей, выпущенных до 2002 года, не способны загружаться с USB-дисков в принципе. Техника выпуска 2003–2006 годов не всегда корректно воспринимает загрузочные флеш-диски, и многое здесь зависит от модели флешки и способа ее форматирования. В остальном флеш-диски являются отличной альтернативой загрузочным CD и DVD!

Тактика извлечения данных

Когда к вам попадает проблемный диск, важно составить план действий. Задача — доступными средствами извлечь максимум информации и при этом оставить максимум возможностей, чтобы в случае неудачи испробовать другие средства! Если ограничиться только первой частью, легко окончательно «добить» носитель, с которого, при другом подходе, можно было бы что-то восстановить.

Вообще, восстановление данных не терпит суеты. Всегда желательно подключить проблемный носитель к своему тестовому компьютеру, на котором установлены все необходимые программы. Работа в «полевых условиях» — вынужденный случай, которого лучше избегать.

Диагностика проблемы

Если доподлинно известно, что пользователь нечаянно удалил файлы, отформатировал диск и т. п., можно сразу подключать устройство и запускать одну из утилит для работы с разделами или для восстановления удаленной информации. Раз ситуация понятна с самого начала, снимайте, на всякий случай, образ диска и анализируйте его или сам носитель соответствующими программами.

В остальных случаях диагностику проблемы всегда стоит начинать с тщательно осмотра и обнюхивания — обоняние часто подсказывает, что подгорели какие-то радиоэлементы. Лишь после этого, если вы сразу не приняли решение о перепайке микросхем, замене конденсаторов и других реанимационных мероприятиях, можно осторожно подключить диск к компьютеру и продолжить оценку ситуации.

Винчестер сразу же следует послушать. Характерные звуки раскрутки шпинделя, калибровки и позиционирования головок позволяют сделать некоторые предварительные выводы. Включая компьютер, тут же зайдите в настройки BIOS и выясните, как этот диск определяется.

Далее наступает очередь программных диагностических средств. Для винчестеров диагностика должна быть быстрой — работа жесткого диска с поврежденными пластинами и головками продолжает их разрушение! Для полупроводниковых носителей и лазерных дисков время не так критично: электроника обычно выходит из строя одномоментно, а на лазерные носители продолжительность работы вообще никак не влияет.

Ценные сведения о состоянии винчестеров дают программы MHDD или Victoria. При этом важно не углубляться в тестирование поверхности — делу это вряд ли поможет, а вероятность дальнейшего повреждения возрастает.

С большой достоверностью выявить повреждение отдельных головок или разрушение служебных дорожек позволяет опрос диска терминалом через сервисный интерфейс. Особенно удобен для этого программно-аппаратный комплекс PC-3000.

Получение доступа к носителю

Это, пожалуй, самая нестандартная и непредсказуемая часть работы. Разных устройств много, и все они ломаются по-разному. Некоторые приемы ремонта жестких, полупроводниковых и лазерных дисков мы обсудим в следующих главах.

Если попытки ремонта оказались безуспешными, например не нашлось подходящих «доноров» для запасных частей, с флеш-дисками срабатывает непосредственное считывание чипов памяти на программаторе. Когда такое устройство у вас есть, это становится процедурой выбора. При отсутствии программно-аппаратного комплекса остается подбирать контроллеры и пытаться получить доступ к флеш-памяти штатным способом.

Создание образов и дубликатов носителей

Главное правило при работе с любым проблемным носителем информации такое же, как в медицине: не навреди!

Поэтому порекомендуем такую тактику:

- ❑ по возможности «оживить» диск, чтобы можно было считать его содержимое «как есть» штатными средствами. Вероятно, эффект от реанимации окажется кратковременным, особенно если это винчестер с проблемами в гермоблоке;
- ❑ как можно быстрее, бережнее и полнее прочитать содержимое диска и сохранить его в виде образа на другом носителе. Как вариант, можно сделать не образ, а побайтовый клон на другом физическом диске. Например, таким клонированием занимается DOS-версия программы Norton Ghost;

ПРИМЕЧАНИЕ

При работе штатными средствами, например считывании микросхемы флеш-памяти на программаторе, всегда получится полный образ носителя.

- ❑ отключить и убрать проблемный носитель, чтобы предотвратить дальнейшее его повреждение;
- ❑ сделать копию образа для последующего анализа, а сам этот образ оставить как «исходную копию»;
- ❑ выполнять все операции только с рабочей копией. Вносить в нее изменения теперь не страшно — ведь исходная копия всегда остается в вашем распоряжении.

Здесь возникает спорный вопрос. Если с самого начала возможно обращение к диску через его штатный интерфейс, стоит ли сразу же пытаться снять с него хоть какой-то образ? Аргумент «за» — то, что ремонт может и не увенчаться успехом. Тогда первый образ может оказаться наиболее удачным или вообще единственным. С другой стороны, попытки продолжительного чтения неисправного винчестера грозят дальнейшей его порчей (к флеш-дискам это не относится).

Мнения специалистов расходятся. Одни согласны с тем, что стоит попытаться сделать посекторную копию щадящими методами (с пропуском нечитаемых блоков), другие предпочитают сразу же отправить «пациента» в чистую комнату.

На мой взгляд, все зависит от характера дефекта, желаний заказчика восстановления и возможностей специалиста. Длительная «терапия», когда прямо показано «хирургическое лечение», ни к чему хорошему обычно не приводит. Вместе с тем, если вы по своему опыту и оснащению не хирург, а терапевт, исход «операции» тоже сомнителен. В медицине в таких случаях обращаются к коллегам, располагающим необходимыми навыками и оборудованием.

Однако стоимость данных оценивает только их владелец. Возможно, он согласен на менее затратную «терапию», но цена «хирургического вмешательства» его заведомо не устраивает. В такой ситуации действительно можно попытаться извлечь данные, насколько получится, консервативными методами, в противном же случае признать случай инкурабельным и «умыть руки».

Для снятия образов и работы с ними пригодны различные средства. По своей сути обычный образ диска — бинарный файл, побайтовая копия (byte-to-byte image) всего содержимого диска или его части. Расширение файла роли не играет, им может быть bin, iso, img или любое другое. С такими образами работают практически все программы, в том числе дисковые и HEX-редакторы.

Несжатый образ — универсальный стандартный формат. Он хорош всем, кроме своего размера. При объемах современных дисков это становится серьезной проблемой. Куда прикажете сохранять, например, образ двухтерабайтного винчестера?

Другое дело — сжатый образ (*compressed image*). Размер его получается несколько меньшим, чем суммарный объем, занимаемый на исходном диске всеми занятыми кластерами (с учетом удаленных и поврежденных файлов). Алгоритм компрессии зависит от программы, которой создается образ диска, и вовсе не обязательно с ним смогут потом работать другие приложения. Примеры таких образов — файлы ARC, создаваемые программой R-Studio, архивы TIB, с которыми работает Acronis True Image, или файлы GHO — образы Norton Ghost. Совместимости нет и быть не должно по определению!

Правда, существует способ свободно «жонглировать» образами и переводить их из одного формата в другой. Он громоздок, зато достаточно универсален.

1. Установите на компьютере различные программы для работы с дисками и их образами.
2. Подключите чистый физический диск.
3. Разверните образ на физический диск той программой, которая работает с образами этого формата.
4. Создайте образ диска другой программой.

Все то же самое можно проделать и на виртуальной машине. Тогда и диск будет виртуальным. Однако разумнее снимать образы дисков сразу той программой, которой впоследствии вы и будете восстанавливать данные.

В качестве примера рассмотрим создание образа с помощью программы R-Studio. Она считается одним из самых универсальных и эффективных инструментов, а работа с ней обычно начинается как раз с создания образа проблемного диска.

1. В левой части окна перечислены обнаруженные в системе физические и логические диски. Выберите физический диск, образ которого вы хотите снять. В правой части окна на вкладке **Properties** (Свойства) приводятся свойства диска (рис. 5.10).
2. В группе **Drive Control** (Управление диском) настраиваются параметры доступа к нему. При нестабильном чтении может потребоваться их настройка до получения наилучших результатов:
 - **Maximum Transfer** (Максимальный объем) — максимальный объем данных, передаваемых за одно обращение к диску, в килобайтах. Если возникают проблемы при доступе к диску, можно уменьшить это значение;
 - **I/O Unit** (Единица ввода/вывода) — размер порции данных при обмене с диском. По умолчанию предлагается размер, равный физическому сектору (512 байтов);
 - **Buffer Alignment** (Выравнивание буфера) — размер порции данных, помещаемых в буфер. При проблемах с доступом можно увеличить это значение;

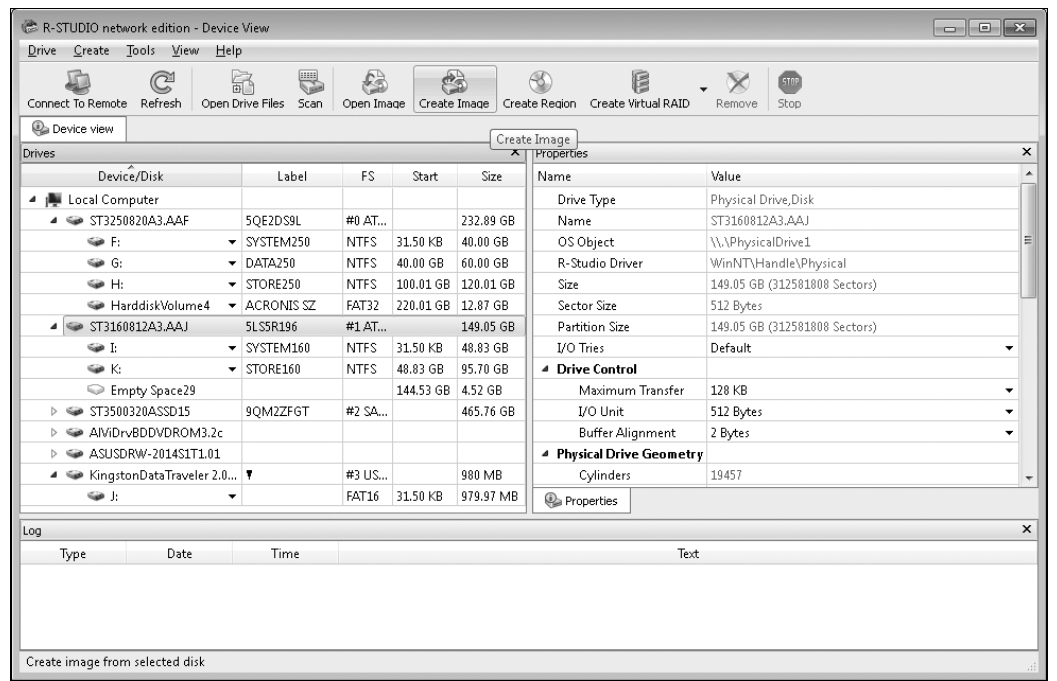


Рис. 5.10. Выбор диска для создания образа

Кроме того, на вкладке задается число попыток обращения к нестабильно читаемым секторам — **I/O Tries** (Число попыток чтения/записи). При наличии физических bad-блоков и зависании программы или компьютера при попытке прочитать их уменьшите значение параметра до нуля. Для лазерных дисков значение, наоборот, целесообразно увеличить.

3. Вызовите команду меню **Drive | Create Image** (Диск | Создать образ) либо нажмите кнопку **Create Image** (Создать образ) на панели инструментов. Откроется диалоговое окно создания образов (рис. 5.11).

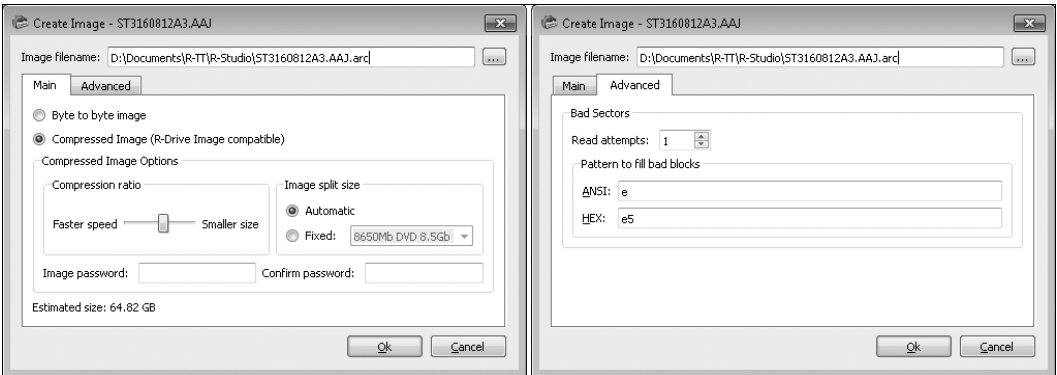


Рис. 5.11. Диалоговое окно создания образов

Прежде всего в поле **Image filename** (Имя файла образа) укажите путь и имя для сохранения файла.

Затем на вкладке **Main** (Основное) определите тип сохраняемого файла. Возможны два варианта: **Byte to byte image** (Побайтовый образ) — несжатый бинарный файл или **Compressed Image** (Сжатый файл) — сжатый файл образа в собственном формате R-Studio. Последний меньше по размеру, но работать с ним смогут лишь программа R-Studio и некоторые другие продукты компании R-ТТ текущей или последующих версий. Установите переключатель в одно из положений.

Переключатель в области **Image split size** (Размер разделения образа) задает разделение образа на несколько частей-файлов, например, для последующей записи на DVD. Когда переключатель установлен в положение **Automatic** (Автоматически), программа создает непрерывный файл максимально возможного размера.

На вкладке **Advanced** (Расширенные) вы можете уточнить параметр **Read attempts** (Число попыток чтения) и указать в полях **Pattern to fill bad blocks**, какими символами в образе диска будут заполнены нечитаемые блоки.

Выбрав параметры, нажмите кнопку **ОК**. Образ, в зависимости от размера, может записываться довольно долго.

Функция создания образов диска заложена во многие программы для восстановления данных. Кроме того, снимать побайтовые образы умеют и диагностические программы, такие как MHDD.

Когда образ диска скопирован, дальнейшее — дело техники. Остается проанализировать непрерывный поток байтов и либо восстановить в нем логическую структуру, либо извлечь из него значимые последовательности.

Реконструкция разделов и файловых систем

В лучшем случае удастся полностью или почти полностью восстановить логическую структуру диска. Одни средства позволяют работать как с образом, так и с самим носителем. К этой группе относится неоднократно упоминаемая программа R-Studio. Вообще, R-Studio обладает таким набором функций и настроек, что это приложение можно смело поставить на первое место в своей категории.

Второй вариант, подходящий для дисков с полностью исправной аппаратной частью, — восстановление структур непосредственно на самом диске. Рискованно? Конечно! Однако мы договорились, что образ все равно сделали заранее, — он и послужит резервной копией в случае неудачи.

Непосредственно с диском работают любые утилиты: от пакета Test Disk (www.cgsecurity.org/wiki/TestDisk) с минималистичным консольным интерфейсом до популярной программы EasyRecovery (www.ontrack.com) и многочисленных приложений, рассчитанных на неподготовленного пользователя.

Все разработчики ПО для восстановления данных досконально знают и тонкости логического устройства дисков, и все, что с дисками может произойти. Точно так же общеизвестны принципы анализа и извлечения содержимого поврежденных логических структур. Поэтому особых идеологических прорывов в этой области ждать не приходится — разница между различными программами заключена в конкретной реализации алгоритмов и организации пользовательского интерфейса.

В качестве примера взят диск, на котором были созданы разделы NTFS и FAT32. В них были скопированы файлы. Затем на диске разрушены (вручную заполнены нулями) MBR, часть MFT и начало раздела FAT32. Диск вновь отформатирован в NTFS и на него скопированы другие файлы.

Вот из таких руин и попробуем извлечь что-то осмысленное. Для чистоты эксперимента мы будем работать с несжатым образом, снятым с диска программой R-Studio.

Двоичные (несжатые) образы можно открыть любой программой, которая способна работать с таким типом файлов. Как уже сказано, расширение файла никакой роли не играет. Начнем с обработки образа средствами R-Studio.

1. Откройте образ — нажмите кнопку **Open Image** (Открыть образ) на панели инструментов (см. рис. 5.10). Выберите нужный файл в стандартном диалоговом окне открытия файлов. Подключенный образ будет показан в главном окне программы на вкладке **Device View** (Обзор устройств) в общем дереве дисков в группе **Image Files** (Файлы образов).
2. Чтобы программа проанализировала содержимое диска или образа, нажмите кнопку **Scan** (Сканировать) на панели инструментов или щелкните правой кнопкой мыши на значке диска и выберите одноименную команду в контекстном меню. Откроется диалоговое окно настроек сканирования (рис. 5.12).

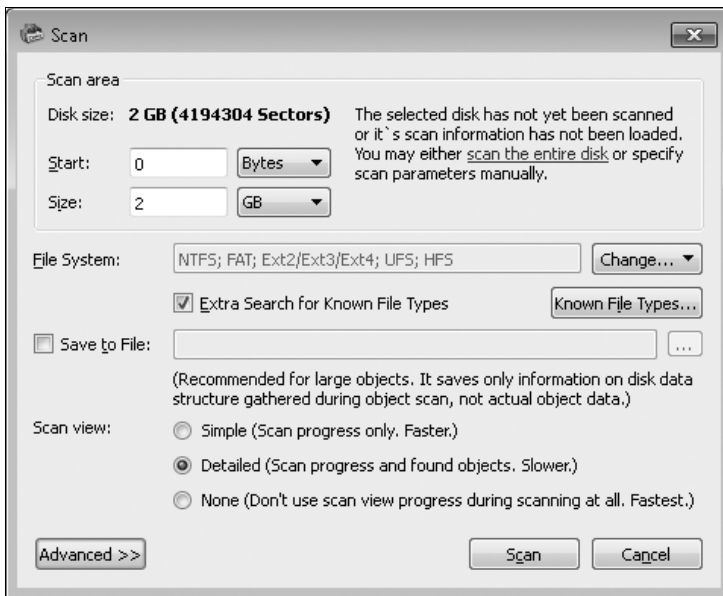


Рис. 5.12. Диалоговое окно настроек сканирования

По умолчанию предлагается проанализировать весь диск и искать на нем следы всех известных программе файловых систем, а также файлы наиболее употребительных типов по сигнатурам. Если ограничить списки, сканирование выполнится быстрее.

- 3. Чтобы конкретизировать список файловых систем, нажмите кнопку **Change** (Выбрать) и в открывшемся диалоговом окне оставьте флажки только напротив тех ФС, которые вы хотите искать. Например, если диск работал только на компьютере с Windows, есть смысл искать на нем лишь структуры файловой системы NTFS и, возможно, FAT.
- 4. Чтобы выбрать типы файлов, которые следует искать, нажмите кнопку **Known File Types** (Известные типы файлов). В открывшемся диалоговом окне оставьте флажки напротив только тех типов и расширений, которые вы хотите извлечь с диска. Нажмите кнопку **OK**.
- 5. Если образ (или диск) велик по объему, есть смысл сохранить протокол сканирования в файл, чтобы при необходимости не сканировать все снова. Для этого установите флажок **Save to File** (Сохранить в файл) и в поле ввода укажите имя файла для сохранения результатов.
- 6. Нажмите кнопку **Scan** (Сканировать). В правой части окна откроется область **Scan Information** (Информация о сканировании). На ней в виде карты отображаются блоки диска, а обнаруженные в них логические структуры помечаются разными цветами (рис. 5.13).

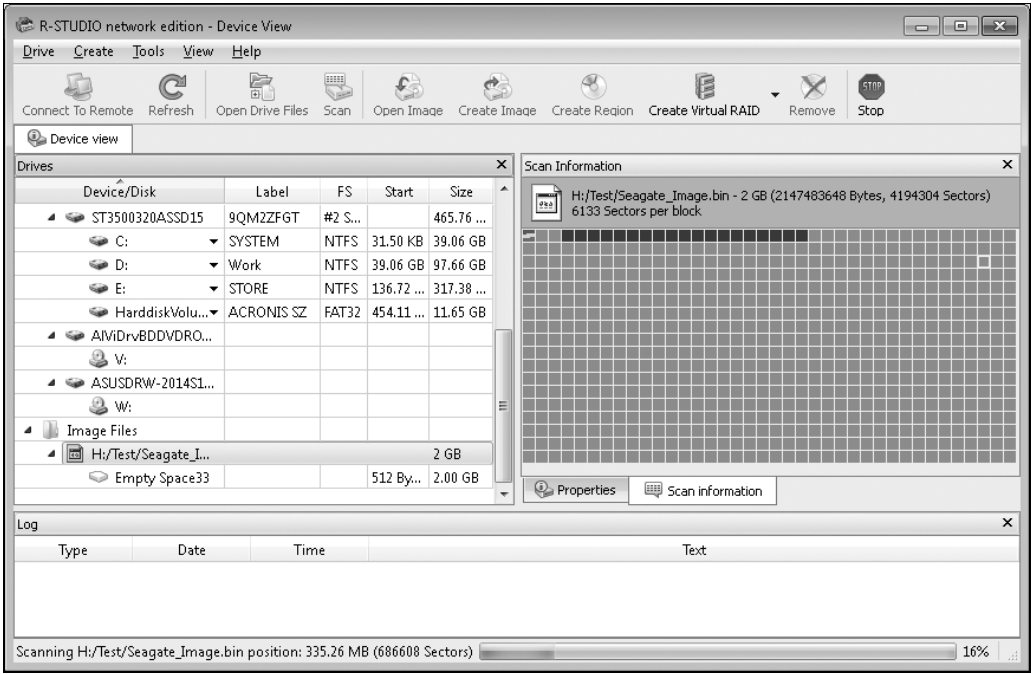


Рис. 5.13. Ход сканирования

Если навести указатель мыши на блок, во всплывающем сообщении будет показано, что именно (файлы, записи FAT или NTFS и т. п.) обнаружено в этом блоке. Кроме того, по завершении сканирования под картой блоков выводится легенда: она поясняет, какими цветами какие структуры обозначаются.

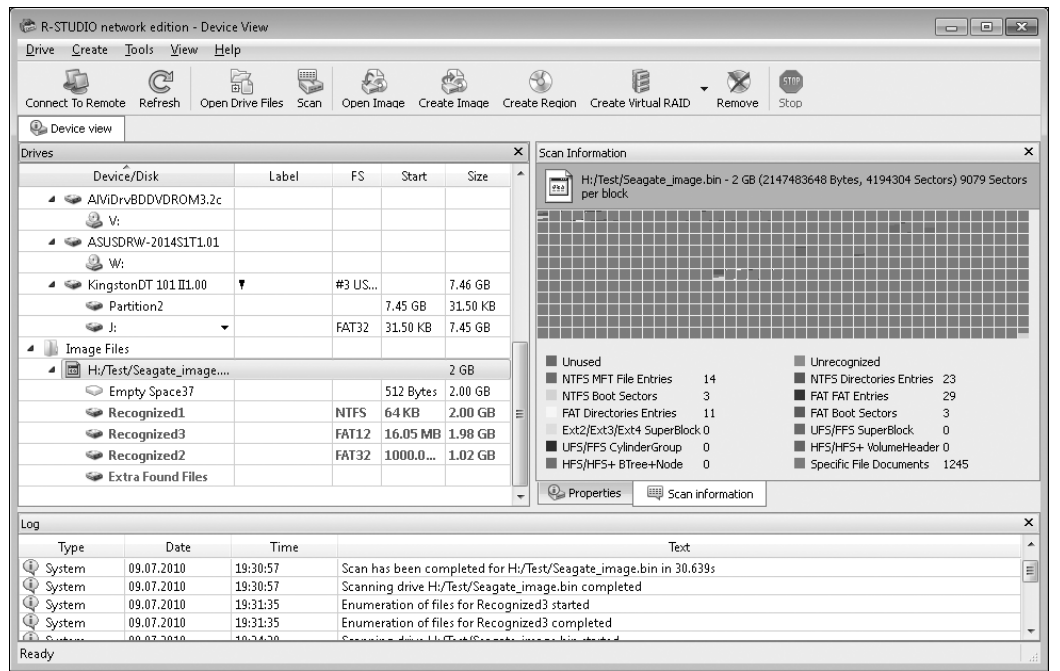


Рис. 5.14. Результаты сканирования

Когда сканирование будет выполнено, на вкладке **Device View** (Обзор устройств) под значком выбранного диска отобразятся файловые системы (или разделы, что в данном случае то же самое). Среди них перечислены как ныне здравствующие, так и утраченные когда-то. Для каждой записи приводятся сведения о смещении начала раздела относительно начала диска и размере раздела (рис. 5.14).

Цвета записей указывают на прогноз восстановления найденных структур (зеленый — хороший, желтый — сомнительный, красный — плохой). Зависит прогноз от того, как полно сохранились остатки записей, насколько были они затерты более свежими.

Теперь пора приступить собственно к извлечению данных. Для этого выберите из списка обнаруженных файловых систем ту, которую вы планируете восстановить. Щелкните правой кнопкой мыши на записи и в контекстном меню выберите команду **Open Drive Files** (Открыть файлы диска) либо нажмите клавишу <F5>. На новой вкладке отобразится результат анализа восстанавливаемой файловой системы (рис. 5.15).

В левой части вкладки приведено дерево папок (Folders) восстанавливаемой файловой системы, а в правой отображается содержимое (Contents) папки, указанной в дереве. Ниже структурированной информации приведены еще два элемента:

- ❑ **Extra Found Files** — дополнительно найденные файлы. Они будут извлечены и сохранены без учета иерархии и, скорее всего, без оригинальных имен;
- ❑ **Metafiles** — метафайлы NTFS, которые могут быть извлечены с диска и сохранены в виде обычных бинарных файлов, например, для дальнейшего анализа вручную.

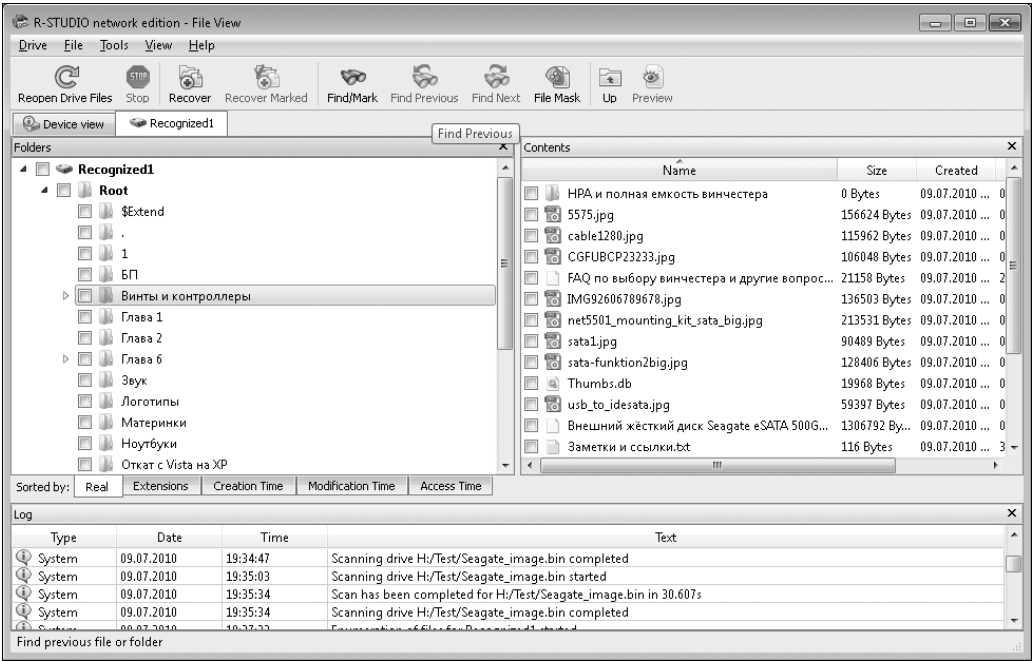


Рис. 5.15. Просмотр найденной файловой системы

Напротив каждого элемента присутствуют флажки. Чтобы пометить объект на восстановление, соответствующий флажок следует установить.

Для восстановления и сохранения всех найденных элементов без исключения нажмите на панели инструментов кнопку **Recover** (Восстановить). Для извлечения только выбранных объектов нажмите кнопку **Recover Marked** (Восстановить помеченное). Откроется диалоговое окно сохранения с двумя вкладками (рис. 5.16).

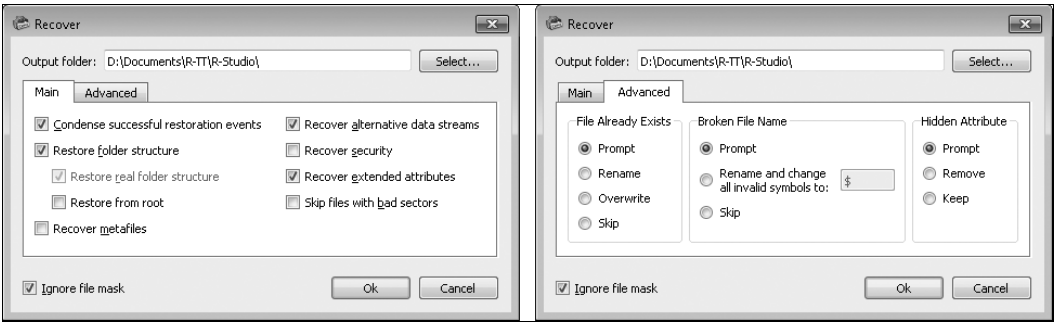


Рис. 5.16. Диалоговое окно сохранения восстановленных объектов

В поле **Output Folder** укажите папку, в которую будут сохраняться данные. На вкладке **Main** (Основные) задаются основные параметры восстановления. Предлагаемое по умолчанию сочетание установленных и снятых флажков подходит в большинстве случаев.

На вкладке **Advanced** (Расширенные) три переключателя по умолчанию установлены в положение **Prompt** (Подсказка). При перезаписи ранее восстановленных файлов, сохранении файлов с утраченными именами и файлов, которые в оригинале несли атрибут «скрытый», программа каждый раз будет предлагать вам выбрать желаемое действие.

Для продолжения нажмите кнопку **ОК**. В соответствии с предварительным выбором и заданными настройками программа поместит восстановленные файлы в указанную директорию.

К тому, то такое **Extra Found Files**, мы вернемся чуть позже (см. разд. «Извлечение «сырых» данных»). А пока познакомимся с другой весьма эффективной утилитой — Test Disk.

Последние версии утилит для различных ОС доступны на официальном сайте **www.cgsecurity.org**. Там же вы найдете подробную документацию к TestDisk и PhotoRec.

По умолчанию программа TestDisk работает только с физическими дисками. Однако она способна обрабатывать и файлы образов — нужно только вызвать программу соответствующим способом.

1. Чтобы открыть программой образ диска, необходимо запустить ее из командной строки, указав в качестве параметра путь к файлу образа, например, `testdisk_win.exe "H:\Test\Seagate_Image.bin"`. Откроется окно программы TestDisk (рис. 5.17).

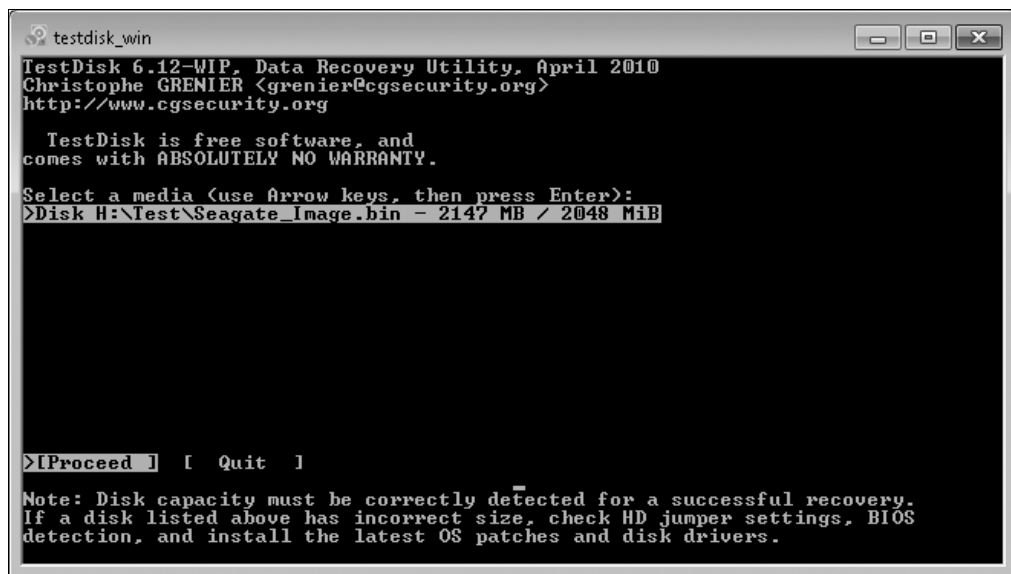


Рис. 5.17. Начало работы: выбор диска или образа

2. С помощью клавиш со стрелками выберите диск и нажмите клавишу <Enter>. Если же при запуске в командной строке был задан путь к образу, программа предложит выбрать лишь его.

3. Укажите, какой тип таблицы разделов должен присутствовать на диске. Для подавляющего большинства компьютеров это стандартная таблица разделов MBR, т. е. **Intel/PC Partition** (рис. 5.18). Нажмите клавишу <Enter>.

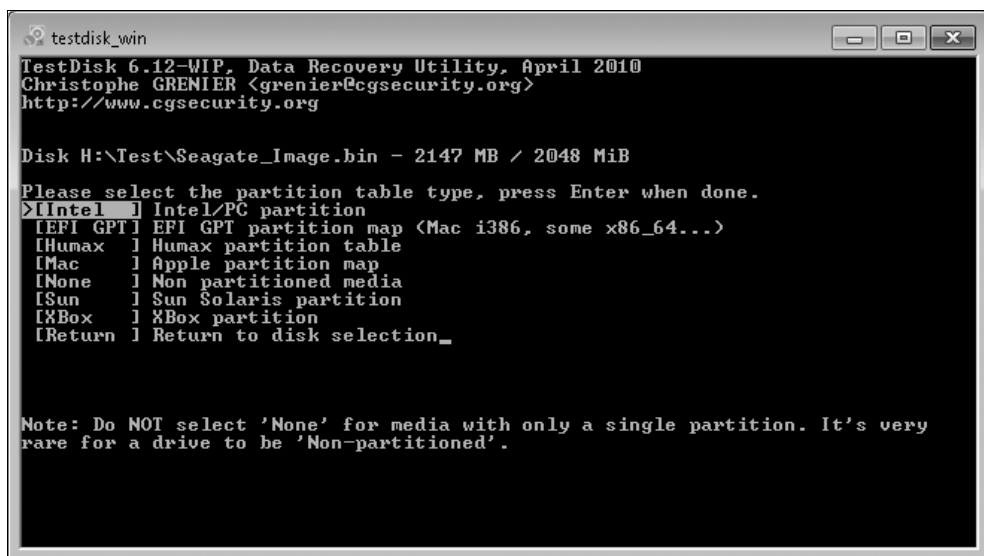


Рис. 5.18. Выбор типа таблицы разделов

4. Программа предлагает выбрать одно из возможных действий с заданным типом таблицы разделов:
- **Analyse** — проанализировать текущую структуру и найти потерянные разделы. Это рекомендуемое действие для начала;
 - **Advanced** — запустить дополнительные утилиты для восстановления файловой системы;
 - **Geometry** — изменить геометрию для выбранного диска и трактовать записи в соответствии с ней. Программа старается определить геометрию автоматически, и важно, чтобы она соответствовала реальной;
 - **Options** — изменить настройки программы;
 - **MBR Code** — записать в первый сектор диска правильный код загрузчика MBR;
 - **Delete** — удалить все данные из таблицы разделов (очистить ее);
 - **Quit** — вернуться к выбору диска.

В данном примере мы выбрали первое действие, и программа TestDisk выдала сведения о текущем состоянии таблицы разделов — на диске присутствует один раздел NTFS (рис. 5.19).

5. Чтобы найти утерянные разделы, выполните быстрый поиск (Quick Search) — просто нажмите клавишу <Enter>.

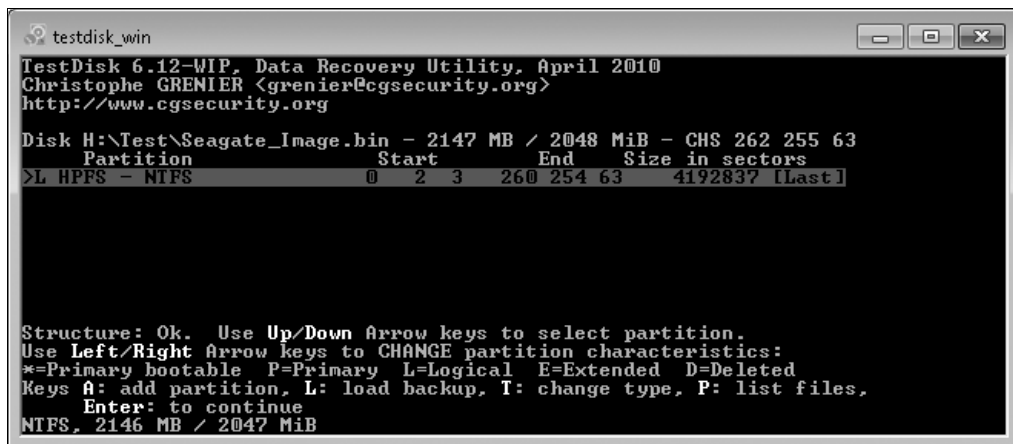


Рис. 5.19. Предварительная информация о разделах

- В ответ программа спрашивает, нужно ли при поиске учитывать особенности последних версий NTFS: **Should TestDisk search for partition created under Vista?** Если вы предполагаете, что диск работал на компьютере под управлением Windows Vista/7 или точно не знаете, ответьте утвердительно — нажмите клавишу <Y>.
- Если в ходе быстрого поиска утраченные разделы обнаружены, программа выдает их список. Выберите запись, которую вы хотите просмотреть, и нажмите клавишу <P>. На экран будет выведен список каталогов и файлов, содержащихся в этом разделе.
- Просмотрев список, нажмите клавишу <Q> для возврата в предыдущее меню.
- Если результат просмотра вас устраивает, вы можете восстановить обнаруженный раздел. Для этого выберите его, затем, нажимая клавишу со стрелкой вправо, выберите пункт меню **Write** (Записать) и нажмите клавишу <Enter>. Таблица разделов будет исправлена, и раздел станет доступным.

В противном случае продолжим анализ диска. Глубокий поиск иногда позволяет обнаружить разделы, пропущенные при быстром поиске.

- Находясь в меню результатов быстрого поиска (см. рис. 5.19), нажмите клавишу <Enter>. В качестве продолжения программа предлагает выполнить глубокий поиск (**Deeper Search**). Выберите этот пункт меню (рис. 5.20) и нажмите клавишу <Enter>.
- На экране появится список потерянных разделов, обнаруженных при глубоком поиске. Чтобы просмотреть содержимое найденного раздела, выберите соответствующую запись и нажмите клавишу <P>.
- Выяснив, присутствуют ли нужные файлы и папки в этом разделе, нажмите клавишу <Q> для возврата в предыдущее меню.
- Для восстановления выберите раздел, затем, нажимая клавишу со стрелкой вправо, выберите пункт меню **Write** (Записать) и нажмите клавишу <Enter>.

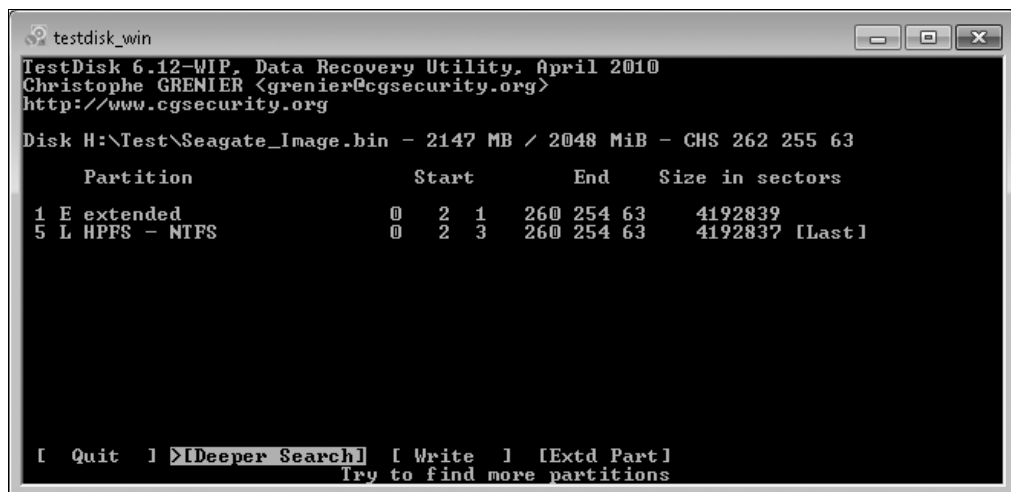


Рис. 5.20. Продолжение поиска

Таким образом видно, что с результатами глубокого поиска работают точно так же, как с результатами быстрого поиска.

TestDisk обладает широкими дополнительными возможностями. Помимо исправления MBR и восстановления удаленных разделов, эта программа позволяет выполнять целый ряд других операций:

- ☐ восстанавливать загрузочный сектор FAT32 из резервной копии;
- ☐ перестраивать (реконструировать) загрузочный сектор FAT12/FAT16/FAT32;
- ☐ исправлять таблицу FAT;
- ☐ перестраивать (реконструировать) загрузочный сектор NTFS;
- ☐ восстанавливать загрузочный сектор NTFS из резервной копии;
- ☐ восстанавливать MFT из зеркальной копии MFT;
- ☐ восстанавливать удаленные файлы в файловых системах FAT, NTFS, ext2;
- ☐ копировать файлы с удаленных разделов FAT, NTFS, ext2/ext3.

Все эти функции вызываются нажатием клавиш или через меню на разных этапах анализа диска или его образа. Подробности приведены в документации к программе.

Еще несколько программных средств мы рассмотрим в *главе 8*. Как правило, автоматическое и полуавтоматическое восстановление логических структур диска дает хорошие результаты. Редактирование диска или его образа вручную — тоже вариант, хотя и более трудоемкий.

Извлечение «сырых» данных

При восстановлении логических структур и R-Studio, и TestDisk ориентируются на их неповрежденные остатки, а также на уцелевшие зеркальные копии. Понятно, что при обширных повреждениях диска (даже если они не связаны с физической

недоступностью секторов) прогноз становится сомнительным. Более того, при повторном форматировании диска в ту же ФС с тем же размером разделов основные элементы файловой системы полностью перезаписываются. В результате получается, что восстанавливать нечего и неоткуда!

Для извлечения данных в такой ситуации приходится идти иным путем. Если нельзя воссоздать логическую структуру диска, остается возможность найти «тела» файлов и скопировать их на другой носитель. В программе R-Studio такая процедура называется извлечением дополнительно найденных файлов (те самые Extra Found Files, см. *разд. «Реконструкция разделов и файловых систем»*). В пакете Ontrack EasyRecovery предусмотрена функция Raw Recovery (восстановление сырых данных). В проект cgsecurity.org входит утилита PhotoRec, которая занимается практически тем же самым.

Смысл подобного восстановления в том, что файл всегда начинается по границе кластера. Программа сравнивает содержимое начала каждого кластера с различными шаблонами. При совпадении она предполагает, что в этом кластере начинается файл определенного типа или формата. На формат файла указывают сигнатура типа файла либо последовательности, характерные для всех файлов этого типа.

Возможности разных программ в этой области в основном определяются тем, каким набором шаблонов они оперируют. Например, R-Studio пытается распознавать сотни типов файлов, программа PhotoRec версии 6.12 ищет файлы 38 распространенных типов. Многие утилиты, предназначенные для восстановления данных с карт памяти фотоаппаратов и плееров, ограничиваются только основными форматами файлов изображений и мультимедиа.

Одним из лучших средств «вольного поиска» остается все та же программа R-Studio. Если перед сканированием диска в диалоговом окне настроек (см. рис. 5.12) был установлен флажок **Extra Search for Known File Types** (Дополнительно искать известные типы файлов), в списке найденных файловых систем появится и элемент **Extra Found Files** (Дополнительно найденные файлы).

1. На вкладке **Device View** (Обзор устройств) щелкните на этом элементе. Сначала в правой части окна на вкладке **Properties** (Свойства) отображаются описание выбранной группы и ссылка (рис. 5.21).
2. Щелкните на ссылке. В окне программы откроются две вкладки: **Extra Found Files** (Дополнительно найденные файлы), на которой перечисляются группы найденных файлов (по типам, расширениям, времени создания и т. п.), и **Contents** (Содержание), на которой отображаются значки файлов, относящихся к выбранной группе.
3. Чтобы просмотреть любой из найденных файлов, выберите его на вкладке **Contents** (Содержание) и нажмите кнопку **Preview** (Предварительный просмотр) на панели инструментов. Содержимое файла будет открыто в отдельном окне просмотра (рис. 5.22).

Валидность файла, обнаруженного при расширенном поиске, проще всего оценить именно таким образом. Для документов большинства известных типов программа R-Studio использует встроенные фильтры-просмотрщики.

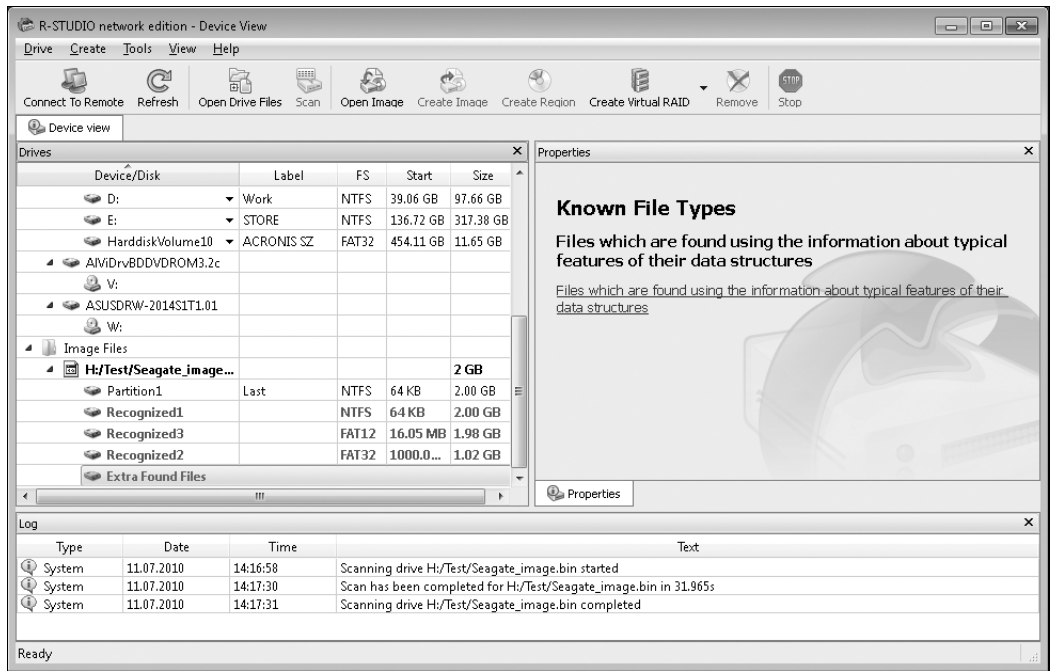


Рис. 5.21. Дополнительно найденные файлы известных типов

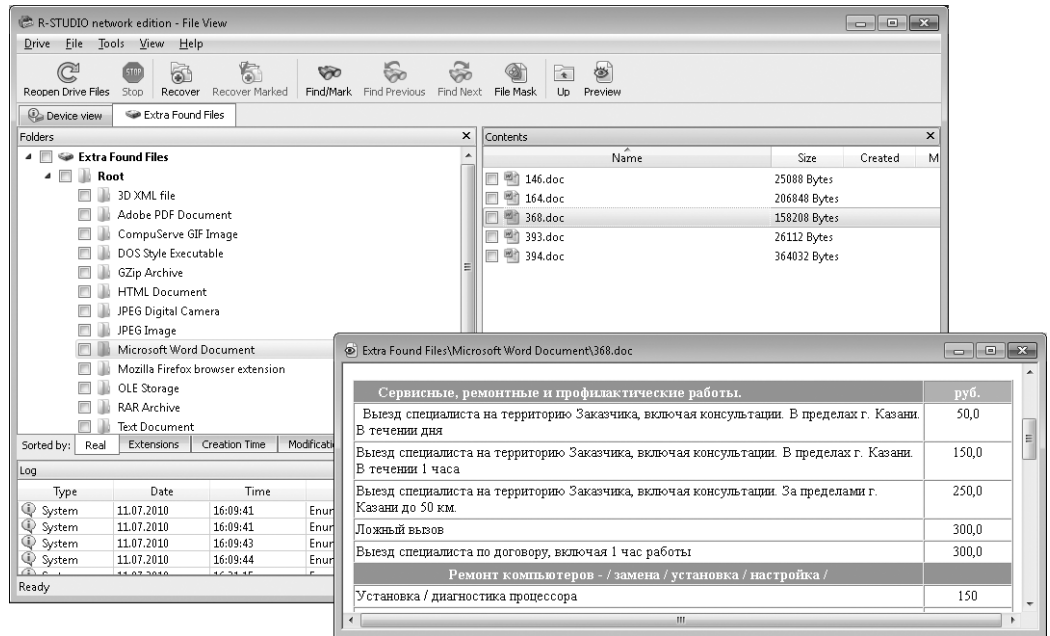


Рис. 5.22. Предпросмотр файла

Если в окне предварительного просмотра отображается что-либо вразумительное, файл, скорее всего, цел и не искажен. Можно смело устанавливать напротив него флажок, чтобы в дальнейшем сохранить найденный файл на диск.

Если файл поврежден либо предварительный просмотр этого типа (например, исполняемых файлов) не предусмотрен, R-Studio предлагает открыть его во встроенном HEX-редакторе (рис. 5.23). Редактор построен по уже знакомому нам принципу, но обладает некоторыми удобными дополнительными функциями:

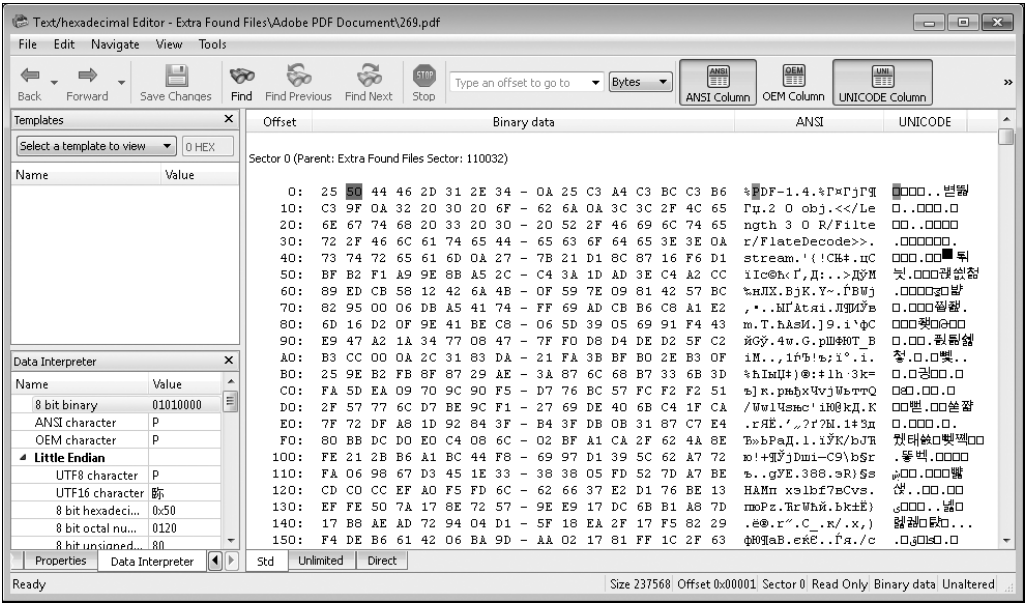


Рис. 5.23. Просмотр файла в HEX-редакторе R-Studio

- ❑ кнопки в правой части панели инструментов включают/отключают колонки интерпретации двоичных данных как текста в разных кодировках;
- ❑ на вкладке **Templates** (Шаблоны) из раскрывающегося списка выбираются шаблоны для интерпретации содержимого сектора как различных логических структур диска: MBR, записи файловых систем NTFS, FAT и т. п. Такой просмотр удобен при анализе диска — ведь в том же редакторе вы можете открыть не только найденные файлы, но и любую структуру, выбранную на вкладках **Device View** (Обзор устройств) и **Scan Information** (Информация о сканировании);
- ❑ на вкладке **Data Interpreter** (Интерпретатор данных) содержимое байтов, выбранных в рабочей области окна, одновременно отображается в разных представлениях.

Если целостность найденного файла не удастся проверить путем быстрого просмотра, вы можете все равно сохранить его на диск, а затем попробовать открыть этот файл в подходящем приложении. Возможно, что предварительный просмотр дал сбой из-за того, что версия формата не поддерживается встроенным просмотрщиком R-Studio.

Информация, полученная в результате дополнительного поиска, сохраняется точно так же, как и содержимое, отнесенное к найденным файловым системам (см. рис. 5.16). Чтобы сохранить в указанное расположение все дополнительно найденные файлы, в главном окне программы нажмите кнопку **Recover** (Восстановить). Для извлечения только выбранных объектов нажмите кнопку **Recover Marked** (Восстановить помеченное).

Основной источник проблем при извлечении файлов, не относимых к каким-либо файловым системам, — фрагментация диска. Программы легко находят первый фрагмент — он явно начинается с сектора, содержащего сигнатуру. Все секторы, идущие следом до следующей сигнатуры, могут принадлежать этому файлу — таким соображением программы восстановления и руководствуются в первую очередь.

Возможен и такой вариант — файл заканчивается, а между его концом и ближайшим сектором с сигнатурой следующего файла вклинилось что-то еще. Восстановленный файл будет состоять из «правильного» начала и чужеродного «хвоста». Прикладная программа при открытии такого документа, скорее всего, сообщит, что файл поврежден или имеет неизвестный формат.

К сожалению, конец файла зачастую не обозначается какими-либо стандартными последовательностями наподобие сигнатуры EOF. Если заголовок файла содержит сведения о его размере, как это предусмотрено в некоторых форматах — хорошо. R-Studio обычно корректно обрабатывает признаки длины или окончания файла, если они в нем присутствуют.

В противном случае вернуть файл в нормальное состояние позволяет редактирование вручную. С помощью HEX-редактора вы можете поэтапно «отстригать» лишние фрагменты с конца файла, сохранять его каждый раз и пытаться открыть в соответствующем приложении. Вполне возможно, что в очередной раз приложение сумеет корректно открыть документ.

Таким образом, восстановление нефрагментированных файлов обычно заканчивается победой логики (вашей и компьютера). Гораздо хуже, когда извлекаемый файл был фрагментирован. Если первый фрагмент находится по сигнатуре, то для поиска следующих фрагментов каких-либо достоверных критериев не существует.

Гипотетически можно по очереди «прицеплять» к первому фрагменту все найденные на диске последовательности, которые не удалось соотнести с каким-либо файлом. Однако такой перебор упирается в количественные ограничения — число возможных сочетаний очень велико, а проверять корректность сборки для каждого из них на практике нереально. Поэтому область применения расширенного поиска обычно ограничивается восстановлением файлов, занимавших на диске непрерывную последовательность блоков.

Восстановление информации внутри файлов

Завершающим этапом является верификация файлов, извлеченных с проблемного носителя. Если некоторые из них повреждены и не могут быть открыты, необходимо извлечь из них максимум значимой информации.

Первый вариант — восстановление файлов средствами тех же прикладных программ, которыми они создавались. Таким способом хорошо «чинятся» архивы RAR, если в них заложена информация для восстановления. Из документов Microsoft Office, даже сильно поврежденных, удастся извлечь значительную часть текста.

Другой метод — воспользоваться специализированными утилитами для восстановления файлов определенных типов. Таких программ немного, и далее мы их рассмотрим.

Наконец, можно проанализировать файл в двоичном редакторе и попытаться либо «отремонтировать» его, либо извлечь доступные данные. Главным препятствием на этом пути являются сжатие и кодирование. Например, несжатый файл в формате BMP отреставрировать можно — из изображения выпадут некоторые участки, но какая-то часть рисунка останется. Со сжатым файлом JPEG подобная операция вряд ли пройдет.

Текстовые данные в файлах многих форматов можно найти и скопировать при просмотре в двоичном редакторе. Опять же, это удастся сделать при отсутствии компрессии.

«Контрольная сумма»

Диагностика показывает причину и характер потери информации: то ли это аппаратные проблемы, то ли чисто логические нарушения. При аппаратных неисправностях восстановление начинается с устранения этих проблем.

Как правило, ремонт заключается в замене дефектных компонентов взятыми с точно такого же исправного накопителя. В результате появляется доступ к содержимому диска, и можно приступить к его анализу и обработке.

В случае относительной физической исправности носителя значительную часть данных с него обычно удастся спасти программными средствами. При этом, как и после ремонта, целесообразно сразу же снять полный образ диска и работать только с ним.

В этой главе мы начали рассматривать программные средства извлечения данных. Наиболее популярной и универсальной в своей категории по праву считается программа R-Studio. Она позволяет делать копии оригинальных носителей, восстанавливать логические структуры, а при невозможности воссоздать исходную структуру, извлекает неупорядоченные файлы.

Алгоритмы поиска и восстановления данных различны в разных программах. Поэтому для достижения лучших результатов можно обращаться к нескольким утилитами. Возможно, одна из них сумеет найти и извлечь те файлы, которые другие аналогичные программы обнаружить не смогли.

ГЛАВА 6



Автоматическое и ручное восстановление

Задачу извлечения данных из образов дисков или с самих носителей чаще всего решают с помощью утилит автоматического, точнее, полуавтоматического восстановления. Программа анализирует и разными способами интерпретирует содержимое диска. Роль оператора заключается в том, чтобы выбрать из предлагаемых программой вариантов восстановления предпочтительный.

На долю анализа и обработки данных с помощью двоичных редакторов остаются либо самые простые, либо самые сложные случаи. С диска можно максимум — извлечь и восстановить всю логическую структуру, минимум — найти и извлечь разрозненные файлы. Прогноз зависит от того, происходила ли после удаления запись в «освободившиеся» кластеры.

Работу с двумя утилитами — R-Studio и Test Disk — мы уже рассмотрели в предыдущей главе. Теперь обсудим еще несколько популярных программных средств. Хотя по набору функций они, безусловно, и уступают первой из названных программ, в ряде случаев простота — тоже достоинство.

Средства автоматического восстановления

Большинство программ этой категории рассчитаны на обычных пользователей. Как правило, внутренняя организация дисков и файловых систем таких пользователей не особо интересует. Во главу угла ставятся наглядность и минимум настроек, а большая часть операций происходит «за кадром». Это не мешает подобным приложениям успешно извлекать файлы, найденные по их сигнатурам, а зачастую и восстанавливать данные вместе с исходной структурой папок.

ПРИМЕЧАНИЕ

В ОС Windows 7 любые утилиты восстановления рекомендуется запускать от имени администратора. В противном случае контроль учетных записей (UAC) может воспрепятствовать доступу к физическим дискам и помешать выполнению многих операций. «Защита от дурака» полезна, но мы-то, скорее всего, знаем, что творим!

EasyRecovery

Программа EasyRecovery (www.easyrecovery.ru или www.ontrackdatarecovery.com) считается одним из лучших простых средств анализа дисков и восстановления данных. В левой части окна расположены кнопки для вызова основных групп задач (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Главное окно программы

Каждая кнопка выводит в рабочей области окна ссылки на инструменты этой категории.

☐ **Disk Diagnostics** (Диагностика диска):

- **Drive tests** — тесты жестких дисков;
- **Disk Displayer** — детальная информация об использовании дискового пространства. Она дает ответ на очень важный вопрос: «Куда делось свободное место?» Нередко диск бывает переполнен временными файлами, скрывающимися в системных папках;
- **Data Advisor** — создание загрузочной дискеты с диагностическими утилитами;
- **Smart Tests** — просмотр атрибутов SMART и оценка исправности дисков;
- **Partition Tests** — анализ существующих разделов и проверка их на логические ошибки.

□ **Data Recovery** (Восстановление данных):

- **Advanced Recovery** — восстановление информации с дополнительными настройками. Это наиболее универсальный из сценариев, к которому и рекомендуется прибегнуть в первую очередь;
- **Format Recovery** — восстановление файлов, потерянных после форматирования диска;
- **Resume Recovery** — работа с предварительно сохраненным сеансом восстановления (файлом образа);
- **Deleted Recovery** — восстановление файлов после их корректного удаления;
- **Raw Recovery** — извлечение файлов с серьезно поврежденных дисков без восстановления структуры файловой системы;
- **Emergency Media** — создание еще одного оригинального загрузочного гибкого диска с утилитой восстановления данных.

□ **File Repair** (Восстановление файлов):

- **Access Repair** — восстановление поврежденных файлов Microsoft Access;
- **PowerPoint Repair** — восстановление поврежденных презентаций Microsoft PowerPoint;
- **Zip Repair** — восстановление поврежденных архивов ZIP;
- **Excel Repair** — восстановление поврежденных книг Microsoft Excel;
- **Word Repair** — восстановление поврежденных документов Microsoft Word.

□ **E-mail Repair** (Восстановление E-mail):

- **Outlook Repair** — восстановление почтовых баз Microsoft Outlook;
- **Outlook Express Repair** — восстановление почтовых баз Microsoft Outlook Express.

Таким образом, программа EasyRecovery анализирует физическую и логическую целостность дисков и тут же извлекает с них данные. Это делает ее очень удобным инструментом, в том числе для восстановления данных прямо в «полевых условиях». Достаточно лишь, чтобы диск был аппаратно исправен, и наличествовал другой носитель для сохранения восстановленных файлов.

На панели инструментов находятся три ссылки. Ссылка **Quick Launch** (Быстрый запуск) в верхней части окна позволяет настроить меню, открывающееся при ее нажатии, и поместить в это меню команды для вызова наиболее часто используемых функций. Ссылка **Properties** (Свойства) открывает диалоговое окно для выбора языка интерфейса и настроек некоторых умолчаний программы, например, путей сохранения восстанавливаемой информации и поведения при восстановлении почтовых баз. Еще одна ссылка служит для запуска обновления программы через Интернет.

Все инструменты организованы по принципу мастеров: каждая процедура разделена на несколько шагов, а действия сопровождаются подробными коммента-

риями. Не случайно в названии программы присутствует слово Easy — действительно, все выполняется очень просто.

Если средствами Windows на диске определяется какое-либо содержимое, и вы предполагаете, как именно были утеряны данные (форматирование, корректное удаление), обратитесь к инструментам **Advanced Recovery** (Расширенное восстановление), **Format Recovery** (Восстановление после форматирования) или **Deleted Recovery** (Восстановление после удаления). Заметим, что **Format Recovery** и **Deleted Recovery** работают только с существующими логическими структурами (разделами). Инструмент **Advanced Recovery** оперирует физическими дисками и может, при необходимости, искать и воссоздавать на них уничтоженные и поврежденные разделы и ФС. На выходе в случае успеха мы получим восстановленную логическую структуру диска.

Мощным средством является **Raw Recovery** — извлечение данных по сигнатурам и характерным последовательностям, содержащихся в файлах. Когда консоль управления компьютером показывает, что на диске разделы отсутствуют, либо раздел не несет файловой системы (раздел типа Raw), целесообразно сразу прибегнуть к этому средству.

1. Нажмите кнопку **Data Recovery** (Восстановление данных), а затем щелкните на ссылке **Raw Recovery** (Восстановление сырых данных), появившейся в рабочей области окна. Появится первая страница мастера (рис. 6.2).

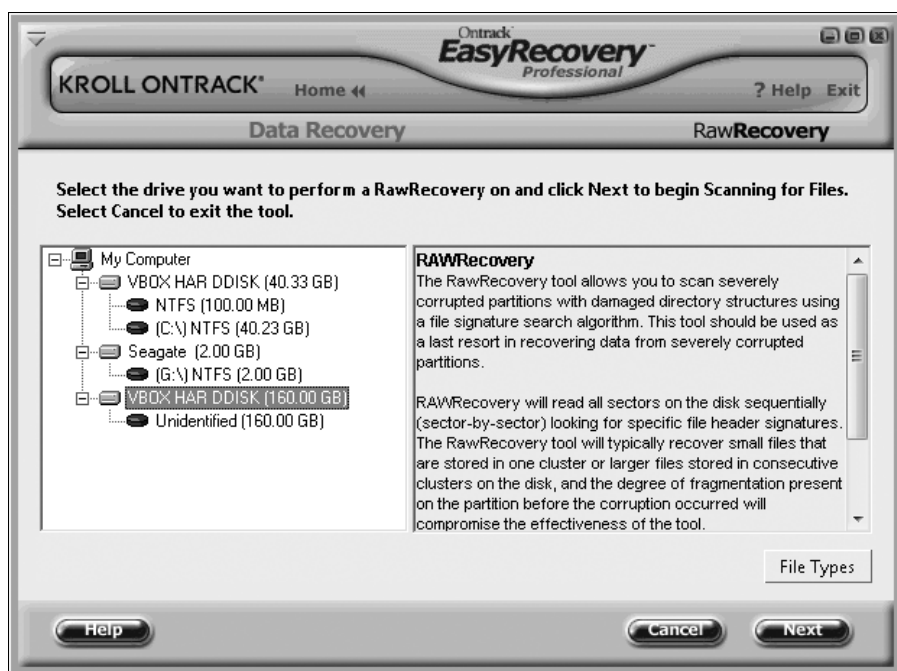


Рис. 6.2. Выбор диска

2. В дереве дисков и разделов выберите объект, в котором будет производиться поиск утраченных файлов. Хотя в нем показаны и разделы, целесообразно вы-

бирать физический диск целиком. Нажав кнопку **File Types** (Типы файлов), укажите, какие типы файлов (по их сигнатурам) программа будет искать при сканировании диска. По умолчанию выбраны все типы. Нажмите кнопку **Next** (Далее). После сканирования, продолжительность которого зависит от объема диска и числа файлов на нем, появится следующий экран мастера (рис. 6.3).

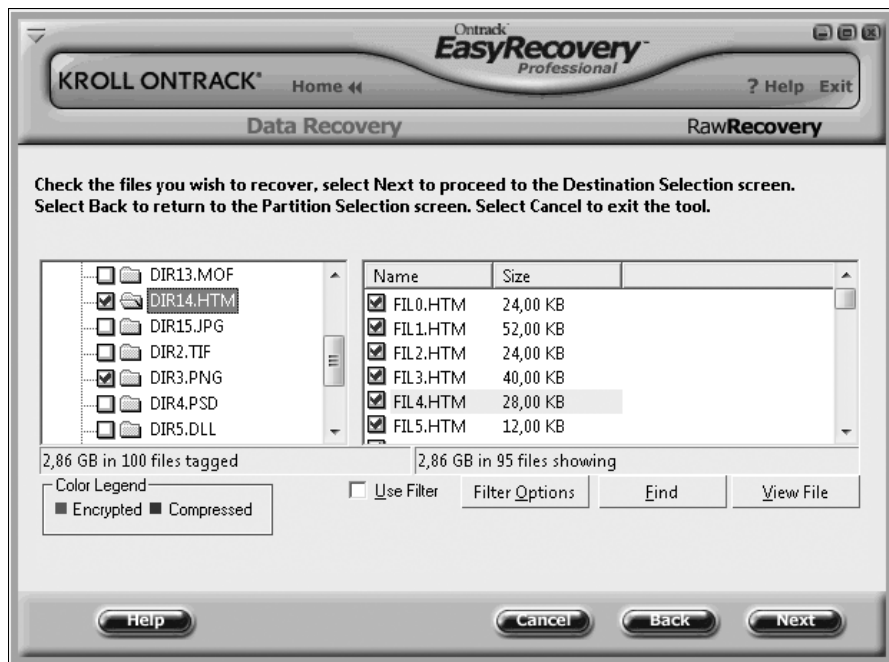


Рис. 6.3. Найденные файлы

На этом экране показаны обнаруженные на диске последовательности, которые программа расценила как файлы. Они найдены лишь по сигнатурам. Поэтому в левой части окна файлы сгруппированы только по типам. Имена им присваиваются условные, вида `fil*.***`, хотя расширения соответствуют действительным.

3. Для просмотра любого из найденных файлов выберите его, а затем нажмите кнопку **File View** (Просмотр файла). Программа располагает собственным встроенным просмотрщиком. При этом содержимое большинства типов отображается «как есть», а в случае с архивом показываются файлы и папки, находящиеся в нем (рис. 6.4).
4. Вернувшись к списку найденных файлов, установите флажки напротив тех, которые нужно восстановить. Можно также пометить виртуальные папки в левой части окна — тогда будут восстановлены все файлы указанного типа. Как только помечен хотя бы один файл, становится активной кнопка **Next** (Далее). Нажмите ее, и появится последний экран мастера (рис. 6.5).
5. Заключительный шаг — указание места, куда будут сохранены помеченные файлы. Сохранять их можно не только на локальные диски, но и в сетевые ката-

логи или даже на сервер FTP. Более того, программа способна сразу же заархивировать восстанавливаемые файлы, чтобы сэкономить место на диске. Укажите путь для сохранения и нажмите кнопку **Next** (Далее). Через некоторое время восстановленные файлы появятся в указанном месте.

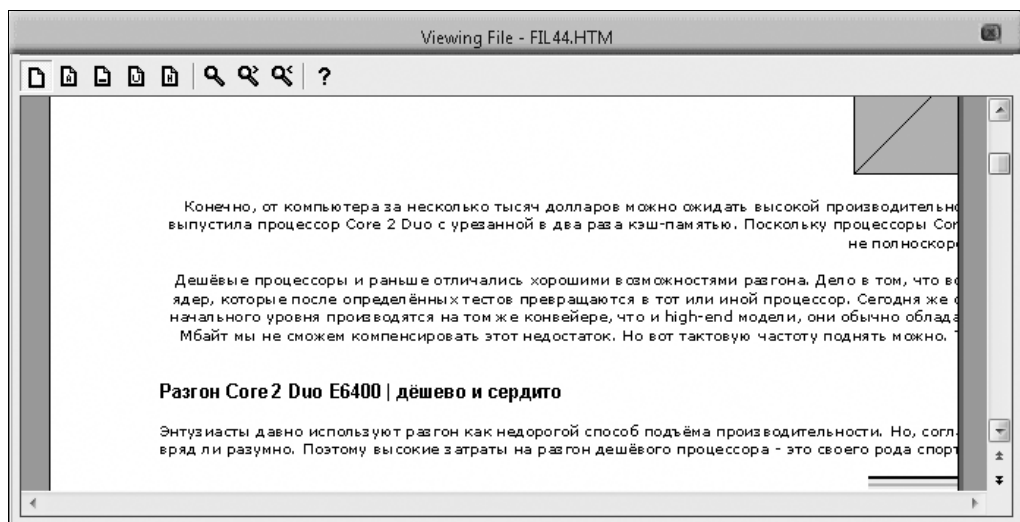


Рис. 6.4. Просмотр файла

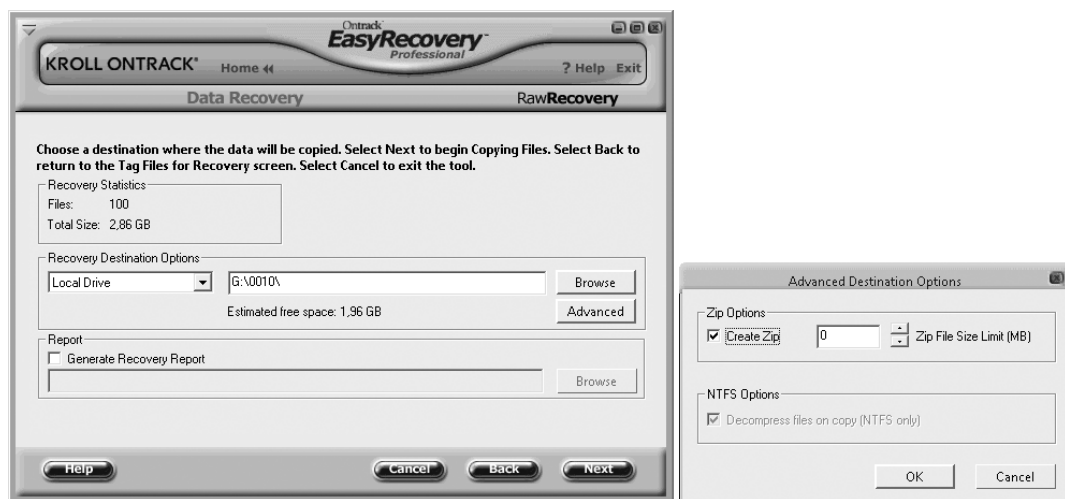


Рис. 6.5. Сохранение восстановленных данных

Таким образом, функция **Raw Recovery** (Извлечение сырых данных) позволяет извлечь с диска безнадежно утраченную информацию. Этим средством непременно нужно воспользоваться! К сожалению, она не всесильна — содержимое кластеров, в которые производилась запись новых данных, действительно потеряно навсегда.

Программа GetDataBack for NTFS

GetDataBack for NTFS — одна из утилит от компании Runtime Software (www.runtime.org). Программа организована по принципу мастера — отвечая на вопросы, пользователь проходит несколько этапов.

На первом этапе (рис. 6.6) предлагается выбрать описание, подходящее к создавшейся ситуации. Установите переключатель в одно из пяти положений:

- ☐ **I don't know, use default settings** (Я не знаю, использовать настройки по умолчанию);
- ☐ **Perform a Quick scan** (Выполнить быстрое сканирование) — простой способ быстро оценить ситуацию;
- ☐ **Systematic file system damage** (Системная ошибка файловой системы) — например, после сбоя питания, форматирования диска. Подразумевается, что на диске могут присутствовать bad-секторы;
- ☐ **Sustained file system damage** (Стойкое повреждение файловой системы) — например, после сбоя была переустановлена операционная система, на диск записывались данные либо содержимое перезаписывалось программой клонирования дисков;
- ☐ **I want to recover deleted files** (Я хочу восстановить удаленные файлы).

Выберите, например, первый вариант — он самый универсальный. Нажмите кнопку **Next** (Далее).

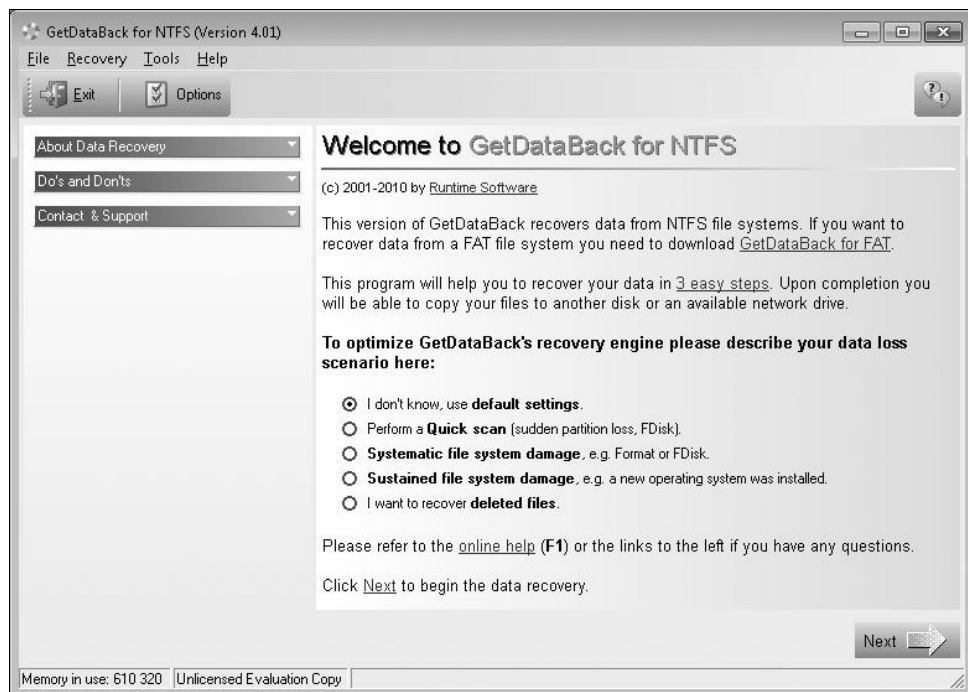


Рис. 6.6. Выбор описания ситуации

Программа исследует конфигурацию системы и выведет в левой части окна список физических дисков и существующих на них разделов (рис. 6.7). Под деревом дисков и разделов приводятся описание выбранного элемента (**Details about**) и ссылки для вызова дополнительных операций, например, загрузки существующего образа (**Load an image file**).

ПРИМЕЧАНИЕ

Здесь вы также можете создать образ выбранного диска. Для этого вызовите пункт меню **Tools | Create Image File** (Инструменты | Создать файл образа) и следуйте указаниям мастера.

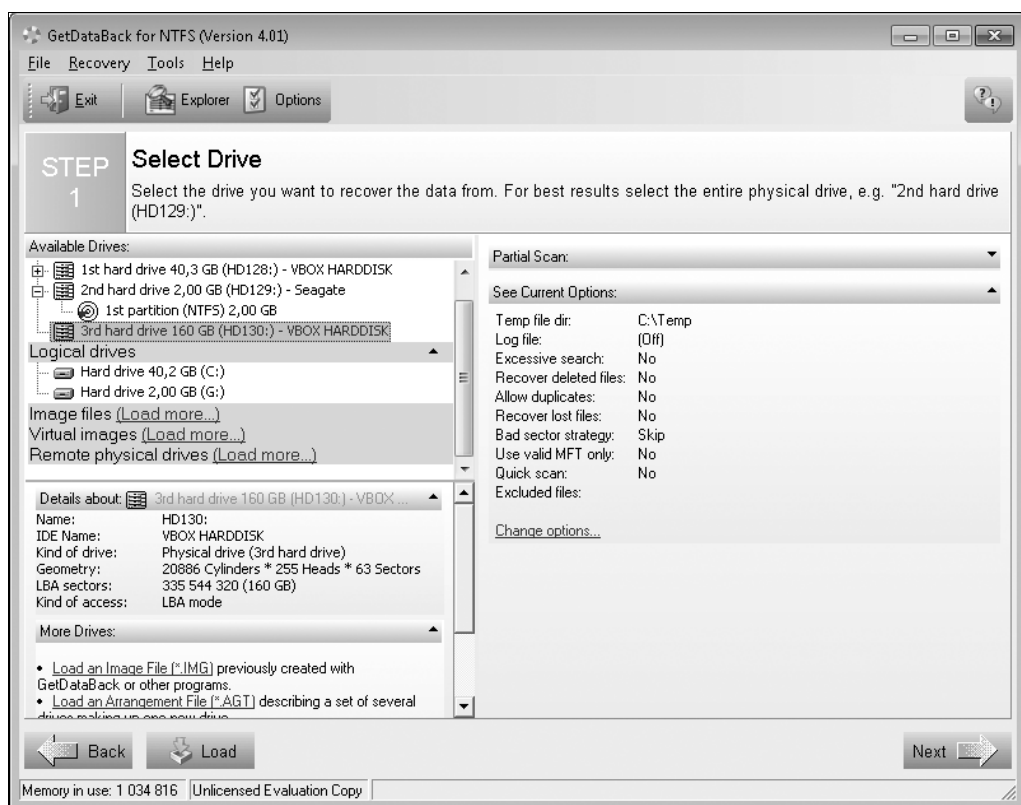


Рис. 6.7. Выбор диска или раздела

Итак, выберите из списка диск, с которым предстоит работать, и нажмите кнопку **Next** (Далее). Начнется сканирование диска и анализ обнаруживаемых структур. Программа ищет загрузочные секторы, входы записей MFT и индексов. После сканирования программа покажет найденные файловые системы (**Found file systems**), сведения об этих системах (**File system details**) и карты (**Visualisation**) расположения MFT и файлов на диске (рис. 6.8).

Если переставить переключатель из положения **Show recommended** (Показать рекомендованное) в положение **Show all** (Показать все), то в списке должны по-

явятся входы всех файловых систем NTFS, предположительно существовавших на диске. Среди них будут и ранее удаленные, и переформатированные и, скорее всего, найденные ошибочно.

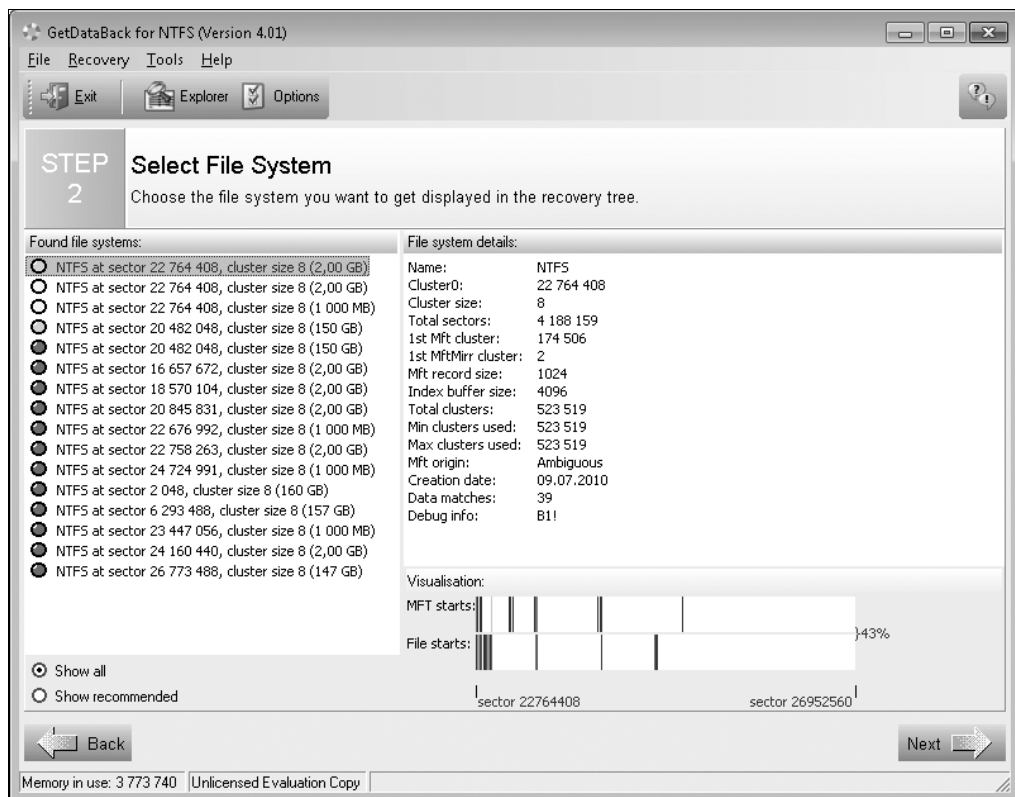


Рис. 6.8. Выбор вариантов для восстановления

Откуда берутся последние? Программа исходит из некоторого набора предположений о том, что может оставаться от поврежденной файловой системы, с учетом разных размеров кластера. Соответственно, она отсчитывает смещения оттуда, где мог начинаться раздел, и пытается выстроить таблицу MFT. Разумеется, при этом неизбежны «фантазии», однако среди них вполне может оказаться и действительно существовавший раздел.

Выбор за вами! На прогноз восстановления указывают цвета, которыми помечены предлагаемые варианты. Целесообразнее начать с «зеленых вариантов». Однако, если результат вас не устроит, всегда можно вернуться к этому окну, нажав кнопку **Back** (Назад), и попробовать следующие варианты, вплоть до «красных».

Выбрав одну из файловых систем, нажмите кнопку **Next** (Далее).

После поиска и анализа записей MFT появится очередная страница мастера (рис. 6.9). На этой странице выводится дерево восстановления (**Recovery Tree**). Легенда в нижней части окна поясняет, как помечены файлы с разными атрибутами. Например, корректно удаленные файлы зачеркнуты. Все операции восстановления

производятся с кэшированными данными, поэтому содержимое самого диска не изменяется.

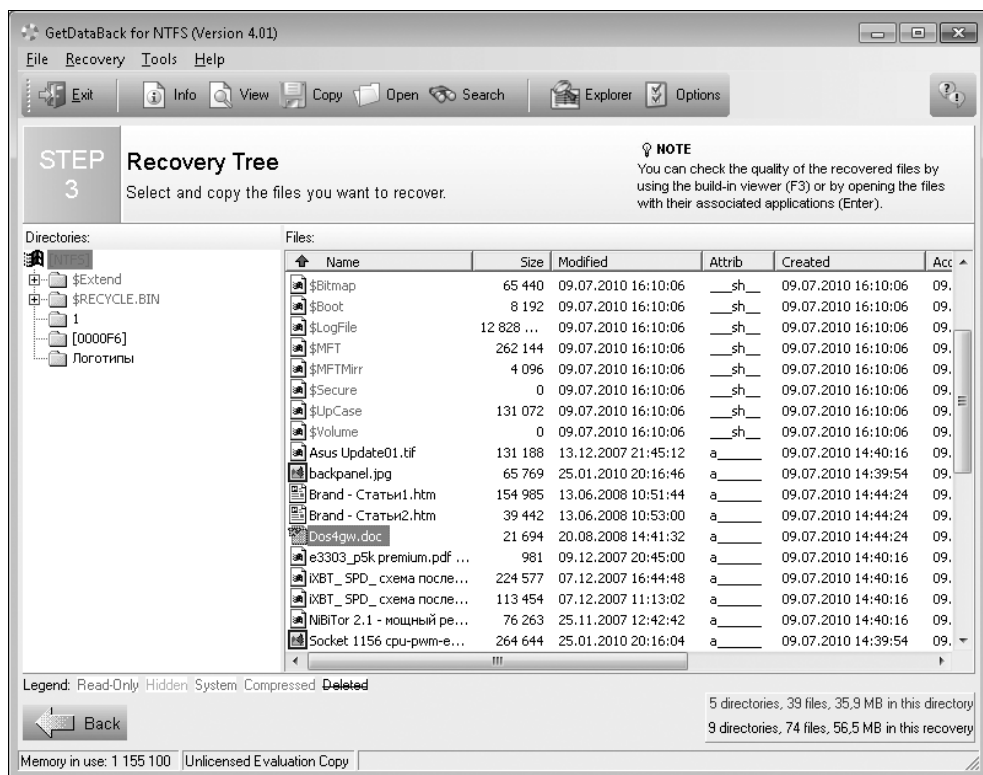


Рис. 6.9. Дерево восстанавливаемых файлов и папок

Для оценки валидности найденных файлов выделите интересующий файл и нажмите кнопку **View** (Просмотреть) на панели инструментов или выберите одноименную команду в контекстном меню. Если формат файла не поддерживается встроенным просмотрщиком, содержимое будет открыто как простой двоичный файл.

Выделите файлы и папки, которые следует восстановить (для выделения групп пользуйтесь мышью при нажатых клавишах <Ctrl> и <Shift>), и нажмите кнопку **Copy** (Копировать) на панели инструментов. Объекты будут скопированы в указанную папку.

Программа GetDataBack for NTFS, как следует из ее названия, предназначена исключительно для работы с разделами NTFS. Разработчики из Runtime Software решились на своеобразный маркетинговый ход. Они разнесли отдельные функции, присутствующие в большинстве программ этой категории, по разным утилитам. Поэтому для достижения такого же функционала, как, например, в R-Studio, необходимо приобрести целый пакет программ:

❑ **DriveImage XML** — программа для создания образов дисков и работы с ними.

Помимо важнейшей для нас операции (создание образа), эта утилита позволяет

клонировать диск на диск, копировать раздел на раздел, а также работать с образами как с логическими дисками и копировать отдельные файлы и папки. Тем самым, DriveImage XML становится полноценным средством резервного копирования и восстановления, ближайшие аналоги которому — Norton Ghost или Acronis True Image;

- ❑ **GetDataBack for FAT** — практически то же, что GetDataBack for NTFS, но только для разделов FAT;
- ❑ **RAID Reconstructor** — утилита для реконструкции массивов RAID;
- ❑ **DiskExplorer** — дисковый редактор, который также существует в трех независимых версиях: DiskExplorer for NTFS, DiskExplorer for FAT и DiskExplorer for Linux.

С другой стороны, во многих случаях возможностей GetDataBack for NTFS вполне достаточно. Чаще всего мы имеем дело с потерей данных на дисках NTFS, а снимать и читать образы дисков эта программа умеет. Так что для работы с жесткими дисками все эти утилиты, возможно, и не понадобятся.

Примечательно, что Runtime Software также представляет готовые плагины всех своих продуктов для BartPE. С их использованием можно построить загрузочный компакт-диск с BartPE — портативной копией Windows, из-под которой будут запускаться названные программы. Хотя «стационар» — всегда предпочтительный вариант, полезно иметь в своем арсенале и какой-либо инструмент для работы «в полевых условиях»!

EASEUS Data Recovery Wizard

Пакет Data Recovery Wizard (www.easeus.com) пришел на смену известной утилите PTDD (Partition Table Doctor), поддержка которой прекратилась несколько лет назад. Эта утилита заметно отличалась от уже рассмотренных. Ее основное назначение — не столько извлечение данных, сколько анализ главной загрузочной записи с восстановлением разделов.

Два компонента Data Recovery Wizard — **Deleted File Recovery** (Восстановление удаленных файлов) и **Complete Recovery** (Полное восстановление) — мы лишь упомянем. Они делают примерно то же, что и программы GetDataBack или EasyRecovery — находят остатки файловых систем либо отдельные файлы по сигнатурам. Особого внимания заслуживает третий компонент — **Partition Recovery** (Восстановление разделов). Он и является прямым наследником программы Partition Table Doctor.

ПРИМЕЧАНИЕ

Бесплатная версия программы (Data Recovery Wizard Free) отличается от полной (Data Recovery Wizard Professional) только тем, что позволяет извлечь не более 1 Гбайт данных.

Чтобы запустить восстановление разделов, щелкните в главном окне программы на ссылке **Partition Recovery** (рис. 6.10).

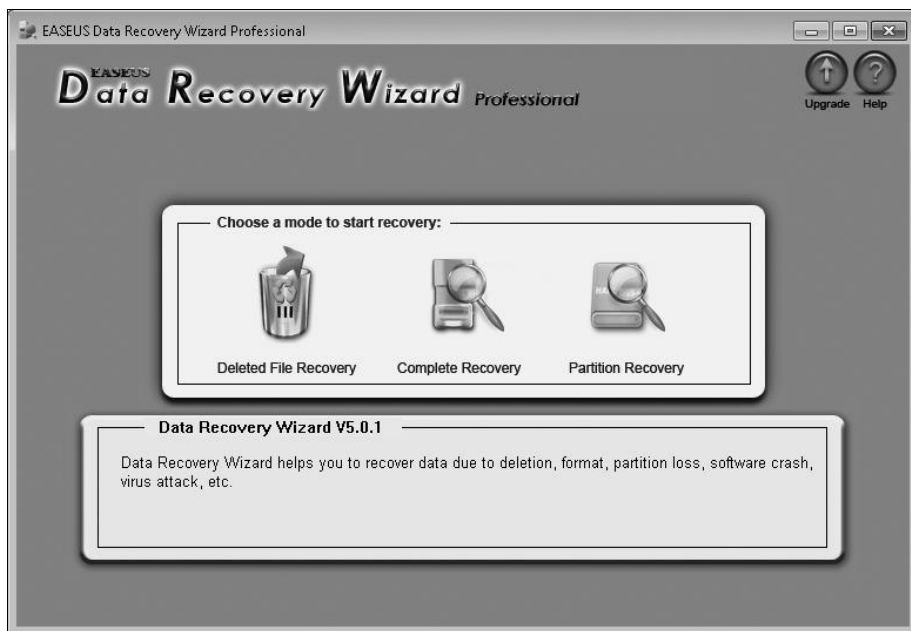


Рис. 6.10. Главное окно программы Data Recovery Wizard

На первом этапе мастер отображает список физических дисков и краткие сведения о них (рис. 6.11). Выберите диск, на котором следует найти и восстановить удаленные или поврежденные разделы. Нажмите кнопку **Next** (Далее).



Рис. 6.11. Выбор диска

Сначала выполняется быстрый поиск разделов, при котором анализируется главная загрузочная запись и обнаруживаются оставшиеся на диске загрузочные секторы удаленных разделов. Следом программа производит более тщательный «интеллектуальный поиск» (Intelligent Searching). При нем учитываются дополнительные признаки существовавших разделов, например, уцелевшие остатки таблиц FAT и MFT.

В результате программа выводит полный список структур, которые она смогла расценить как разделы, когда-то существовавшие на диске. Напротив каждой записи в нескольких колонках приводятся сведения о найденном разделе:

- ☐ вычисленный размер раздела (**Size**);
- ☐ прогноз восстановления (**Suggestion**);
- ☐ предполагаемый тип файловой системы (**Option**);
- ☐ число файлов, которые могут быть отнесены к этому разделу (**Files Match**);
- ☐ число папок, которые могут быть отнесены к этому разделу (**Folder Match**).

Просмотрите список и попробуйте выделить те варианты, которые, на ваш взгляд, представляются наиболее вероятными. Главные подсказки содержатся в колонках **Files Match** (Совпадение файлов) и **Folder Match** (Совпадение папок). Чтобы согласиться с предлагаемым делением диска, установите флажки напротив соответствующих записей.

Устанавливая флажки в колонке **Option**, вы указываете, на какие структуры диска (одну или обе копии FAT, \$MFT) программа должна опираться при восстановлении. В нижней части окна те же варианты разбиения диска представлены в графическом виде (рис. 6.12). Нажмите кнопку **Next** (Далее).

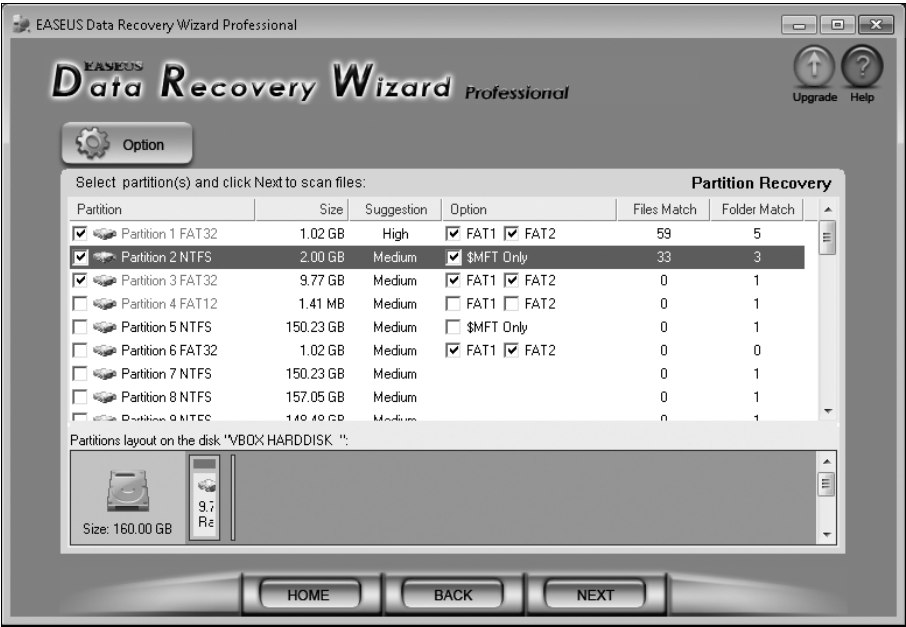


Рис. 6.12. Список возможных разделов

Программа продолжит анализ диска и перечислит каталоги и файлы, которые отнесены к разделам, выбранным на предыдущем шаге (рис. 6.13). Теперь вы можете исследовать любой из файлов, нажав кнопку **File Preview** (Предпросмотр файла) на панели инструментов. Кроме того, кнопка **View** (Вид) над списком файлов в правой части окна переключает отображение между обычным списком и эскизами (как в Проводнике Windows).

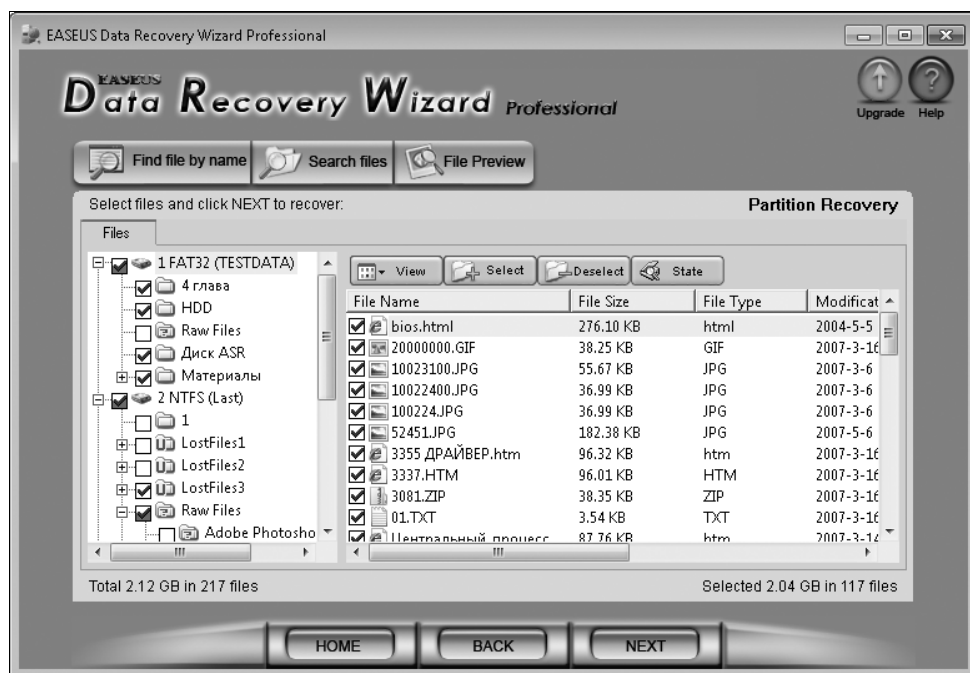


Рис. 6.13. Список объектов для восстановления

Чтобы задать набор объектов для восстановления, установите флажки напротив необходимых элементов. Делать это можно как в дереве разделов в левой части окна, так и в списке справа. Для групповой пометки объектов служат кнопки **Select** (Выбрать) и **Deselect** (Снять выбор) над списком.

Выбрав файлы, каталоги или целые разделы для восстановления, нажмите кнопку **Next** (Далее). Программа предлагает указать путь для сохранения всех выбранных объектов (рис. 6.14).

Таким образом, Data Recovery Wizard не вносит изменения на проблемный диск, сохраняя обнаруженные объекты в новом расположении. При этом программа оперирует не только отдельными файловыми объектами, но и целыми разделами.

Какими средствами лучше восстанавливать удаленные данные? Ответ на этот вопрос можно получить лишь исходя из конкретной ситуации. Если файл заведомо был на диске, а первое из примененных средств не смогло его обнаружить — нужно пробовать различные программы. Поскольку работа ведется с исправным диском, а программы восстановления на его содержимое не влияют, то число и время

использования попыток не ограничено ничем. Когда же в аппаратной исправности возникают сомнения, круг выбора ограничивается теми утилитами, которые способны работать с образом диска.

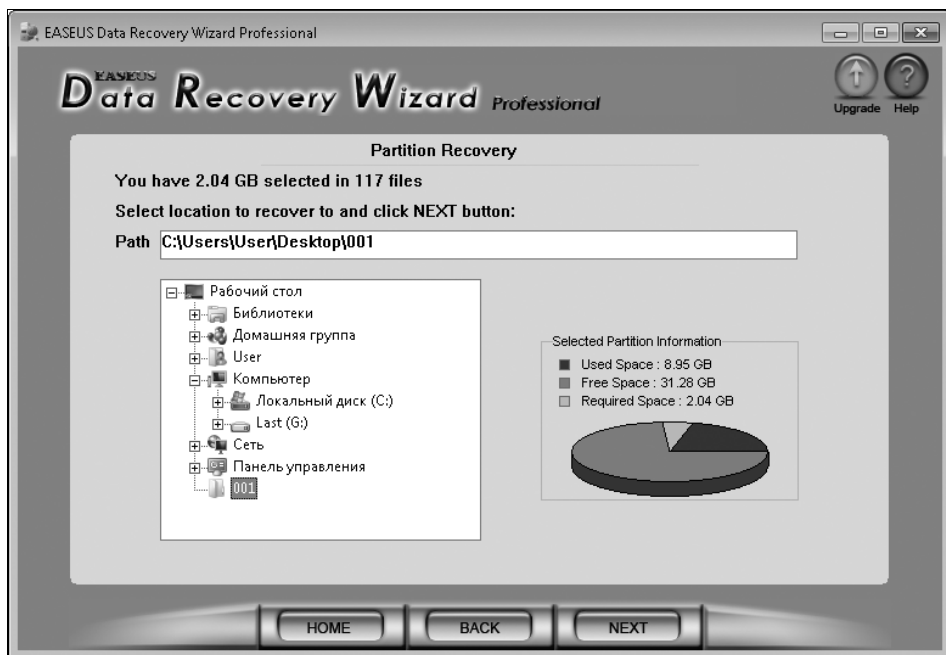


Рис. 6.14. Сохранение результатов

Приемы восстановления вручную

Об инструментарии, необходимом для восстановления данных вручную, речь впервые зашла в *главе 2*. Помимо названных там HEX-редакторов, упомянем еще Runtime DiskExplorer (www.runtime.org) и дисковый редактор, встроенный в программу Acronis Disk Director Suite (www.acronis.ru). Далее в качестве примера приводится Runtime DiskExplorer for NTFS, хотя и с другими редакторами принцип работы тот же.

Еще раз напомним, что безопаснее не вносить изменения непосредственно на проблемный носитель. Лучше сначала сделать посекторный образ и экспериментировать уже с ним.

По умолчанию дисковые редакторы обычно работают с дисками и образами в режиме «только для чтения». Чтобы появилась возможность редактировать образ или диск, программу необходимо переключить в режим кешированной или непосредственной записи. Например, в Runtime DiskExplorer для этого следует открыть диалоговое окно настроек (меню **Tools | Options**) и установить переключатель **Mode** (Режим) в положение **Virtual write** (Виртуальная запись) или **Direct read/write** (Прямая запись/чтение).

Восстановление таблицы разделов

Предположим, что на диске была очищена или искажена таблица разделов. Типичный случай: разделы удалены средствами установщика Windows или одной из утилит для манипуляций с разделами. Кроме того, мы знаем, что на диске присутствовал по крайней мере один раздел NTFS.

Откроем диск в редакторе, перейдем к нулевому сектору и выберем режим его просмотра как таблицы разделов. Редактор показывает, что записи таблицы разделов пусты (рис. 6.15).

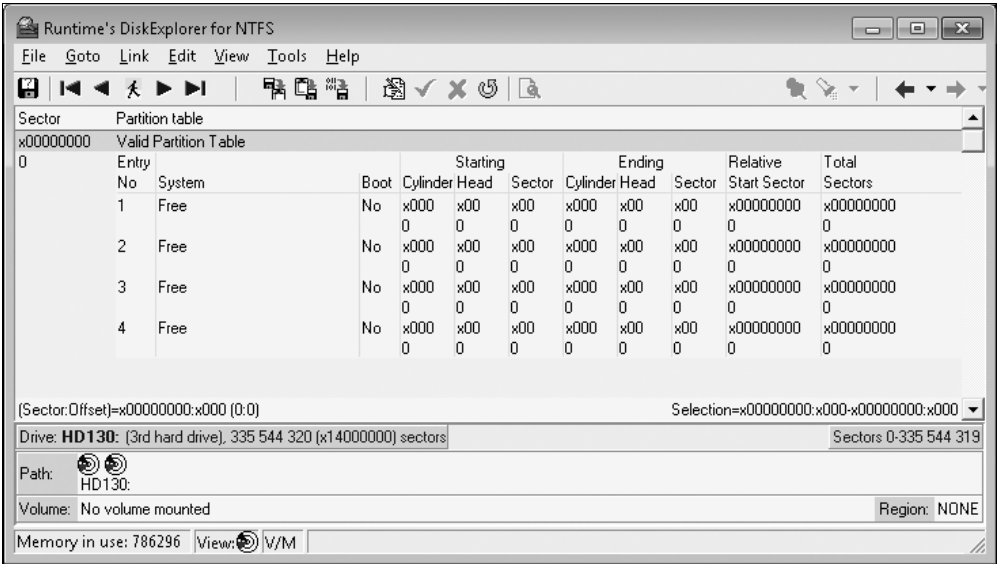


Рис. 6.15. Runtime DiskExplorer: просмотр сектора как таблицы разделов

Наша задача — найти на диске границы разделов и занести правильные значения в MBR. Подсказкой в этом случае будет содержимое, которое должно находиться в начальном секторе раздела.

С чего начинается раздел NTFS, легко вспомнить, просмотрев с помощью дискового редактора другой, исправный, диск. Редактор покажет, что раздел должен начинаться с последовательности байтов EB 52 90 4E 54 46 53 (как HEX) или лRhNTFS (как текст ASCII).

Вызовите диалоговое окно поиска: **Tools | Search** (Инструменты | Поиск). Укажите в качестве образца эту последовательность, в шестнадцатеричном или ASCII виде. Запустите поиск, и через некоторое время редактор приведет нас кначальному сектору ближайшего раздела NTFS и покажет его содержимое.

Однако нам нужен только номер сектора. Запишите его на бумаге или, например, в Блокноте. Продолжите поиск — редактор покажет начало следующего раздела и т. д.

Например, начало раздела NTFS найдено в секторе 20 482 048. Можно выдвинуть два предположения:

- ❑ в начале диска либо находился раздел, отличный от NTFS, например FAT, либо начало этого раздела затерто. Вероятно, найденный раздел — второй;
- ❑ скорее всего, раздел, начинающийся в секторе 20 482 048, простирается до конца диска. Иначе бы мы нашли признаки начала следующего раздела. Впрочем, начало следующего раздела могло быть и затерто...

Что же, попробуем восстановить хотя бы этот раздел, исходя из полученных сведений. Номера секторов дисковый редактор выдает в координатах LBA, но в таблице разделов их нужно будет указать в координатах CHS. Чтобы перевести одно в другое, нам необходимо узнать геометрию диска.

Для преобразования CHS в LBA существует довольно простая формула:

$$\text{LBA} = (((C \times \text{HPC}) + H) \times \text{SPT}) + S - 1.$$

Здесь HPC — число головок на цилиндр, а SPT — число секторов на дорожку.

Обратное преобразование, т. е. перевод номера LBA в адрес CHS, описывается тремя формулами:

$$\begin{aligned} C &= \text{int}(\text{LBA}/\text{SPT}/\text{HPC}), \\ H &= \text{int}((\text{LBA}/\text{SPT}) \bmod \text{HPC}), \\ S &= (\text{LBA} \bmod \text{SPT}) + 1. \end{aligned}$$

Здесь mod — операция взятия остатка от деления, а функция int возвращает целую часть числа.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если делить с остатком на бумаге лень, для расчетов можно воспользоваться Калькулятором Windows в режиме «инженерный» или таблицей Microsoft Excel — функции mod и int в них предусмотрены.

В общем случае сведения о геометрии диска выясняются с помощью различных тестовых программ, например Everest. Однако для современных винчестеров практически всегда применяется фиктивная адресация, в которой число логических головок (HPC) равно 254, а число секторов (SPT) = 63. Отличается только количество цилиндров!

Таким образом, в нашем примере координаты начала раздела LBA 20 482 048, т. е. C 1279, H 245, S 56. Конец раздела приходится на последний сектор диска (LBA 355 544 319, или C 22 218, H 188, S 40). Длина раздела составляет 335 062 271 секторов.

Остается одно уточнение. На первый взгляд, вычисленные значения CHS можно уже внести в поля таблицы разделов. Если координаты начала раздела укладываются в пространство CHS, так и нужно сделать.

Однако размер полей ограничен. Он составляет всего 2 шестнадцатеричных разряда, и более длинное число записать туда попросту невозможно.

Как мы выяснили в главе 1, если адреса начального и конечного секторов раздела выходят за ограничения CHS, в соответствующие поля таблицы разделов записываются максимально возможные значения (1023, 255, 63). Истинный адрес нача-

ла раздела вносится в поле Relative start sector, причем в координатах LBA. Номер конечного сектора выражается через длину раздела, приведенную в поле Total Sectors.

В данном случае так мы и поступим. Введем в первые шесть полей второй записи таблицы разделов максимально возможные значения, а в следующие два поля запишем адрес начала раздела в LBA (рис. 6.16) и длину его в секторах.

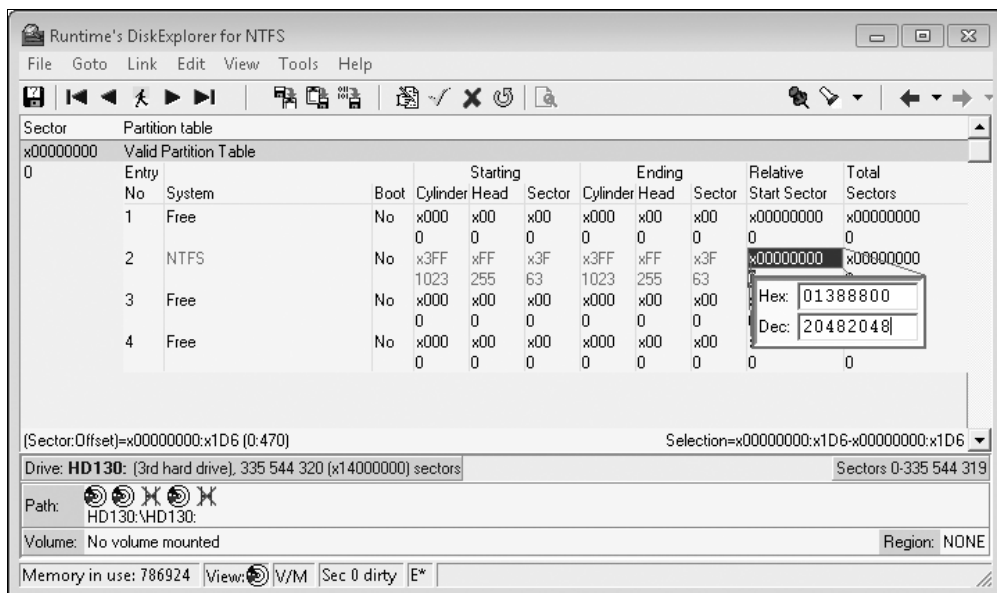


Рис. 6.16. Runtime DiskExplorer: изменение значений в таблице разделов

Перед выходом из редактора необходимо записать измененные значения непосредственно на диск или в образ, если вы работали с образом. В зависимости от выбранного режима программа несколько раз запросит подтверждения выполняемых действий. Ответьте утвердительно.

После перемонтирования диска или перезагрузки компьютера восстановленный том появится в системе. Скорее всего, на нем обнаружатся файлы и папки, которые считались утраченными.

Поиск и восстановление отдельных файлов

С помощью дискового редактора не составляет труда найти на диске последовательности байтов, которые могут быть интерпретированы как текст. Этот прием помогает, когда необходимо найти и восстановить текстовый файл или файл, который главным образом состоит из текстовых символов. К таковым относятся документы HTML, многие несжатые базы данных.

Достаточно знать, какой именно текст может содержаться в искомом файле. Например, значимым текстом может быть фамилия или номер телефона, другое не слишком часто встречающееся слово. Скопировав в Блокнот найденные фрагменты

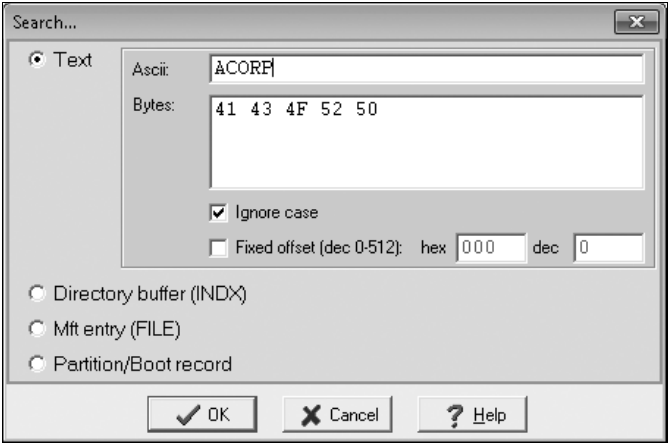


Рис. 6.17. Runtime DiskExplorer: поиск текста

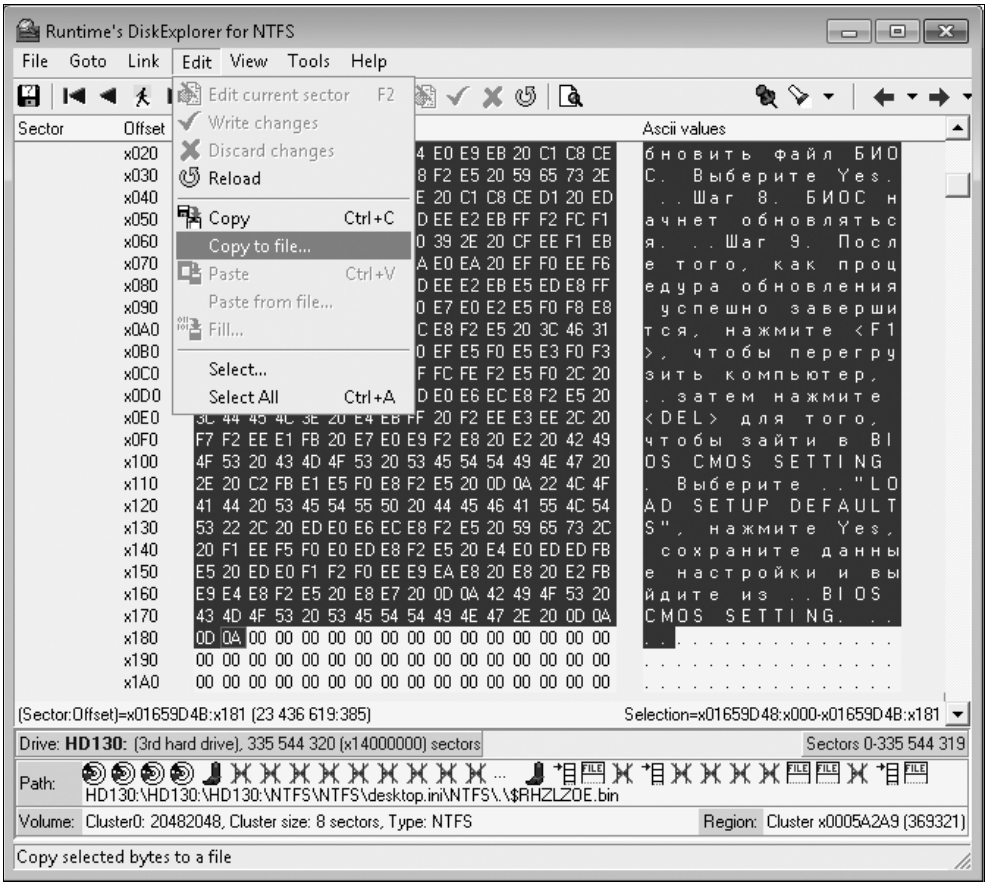


Рис. 6.18. Runtime DiskExplorer: сохранение фрагмента в файл

текста, вы получите в результате если не весь исходный файл, то хотя бы его часть. Однако такой прием помогает лишь в том случае, когда есть предположения о содержании файла.

Например, вы полагаете, что файл должен содержать текст «ACORP». Вызовите диалоговое окно поиска, которое предусмотрено в любом дисковом или HEX-редакторе, и укажите искомый текст в строке поиска (рис. 6.17).

В результате редактор перейдет к ближайшему сектору, в котором присутствует заданная последовательность символов. Пролистав ближайшие секторы вверх и вниз, убедитесь, что они несут интересующий вас файл. Уточните номера первого и последнего секторов, занятых файлом.

Выделите нужный фрагмент. Скопируйте его в буфер обмена, а затем вставьте в пустой текстовый файл в Блокноте. Многие редакторы, например DiskExplorer, позволяют сохранять выделенные фрагменты непосредственно в файл (рис. 6.18).

По сути, мы выполнили то же, что программы автоматического восстановления делают при поиске и сохранении потерянных файлов по их сигнатурам. Как бы то ни было, для поиска нужно за что-то «зацепиться». В данном случае за характерную последовательность был взят текстовый фрагмент.

«Контрольная сумма»

Основных методов программного восстановления два: поиск уцелевших записей в файловой системе и извлечение данных из кластеров согласно содержащимся в ФС ссылкам, либо поиск и извлечение самих тел файлов вне связи их со структурой ФС. В первом случае извлекается некое подобие иерархии каталогов и файлов, существовавшей на диске, во втором — разрозненные файлы.

Полуавтоматические и автоматические утилиты обладают неоспоримым преимуществом перед ручным восстановлением с помощью дисковых редакторов — в скорости поиска связей и перебора вариантов. Как правило, такие утилиты применяют оба метода и в результате предлагают сохранить несколько наборов файлов. Велика вероятность, что наиболее ценные данные окажутся в одном из них, не обязательно в первом и самом полном.

Разумеется, список программных средств восстановления не ограничивается тем, что мы рассмотрели в этой и предыдущей главах. Тем не менее, R-Studio, EasyRecovery и пакет от Easeus можно считать «большой тройкой». Остальные программы или более специализированы, например нацелены на извлечение файлов определенных типов с определенных носителей, или ориентированы на абсолютно неподготовленного пользователя.

ГЛАВА 7



Восстановление данных с жестких дисков

Большая часть случаев потерь и восстановления информации приходится на жесткие диски. Этого и следовало ожидать — винчестеры работают в любом без исключения компьютере, и на них хранится львиная доля уникальных и наиболее ценных данных.

Устройство и принцип работы винчестера

Об устройстве жестких дисков написано очень много. Поэтому мы не будем повторять общие научно-популярные сведения, а остановимся лишь на тех деталях, которые имеют непосредственное отношение к восстановлению данных.

Конструктивно любой жесткий диск состоит из двух частей: гермоблока, или «банки» на жаргоне ремонтников, и платы с электронными компонентами. Между собой они, как правило, соединяются двумя группами подпружиненных контактов. По одной поступает питание на двигатель шпинделя, а другая связывает плату с устройством позиционирования головок и собственно магнитными головками. От гибких шлейфов с плоскими разъемами производители практически отказались, хотя на самых старых винчестерах можно встретить и такое решение.

Ухудшение контакта между платой и гермоблоком — очень распространенная неисправность. В первую очередь подвержены окислению контактные площадки на плате. Проявления проблемы крайне разнообразны и зависят от того, какая цепь нарушена.

В винчестерах IBM серии DTLA контакт терялся настолько систематически, что эта неисправность стала «классикой жанра». Причина была в конструкции контактов и в том, что контактные площадки залуживались мягким припоем. Однако и любые другие модели не застрахованы от подобной аварии. Например, в дисках Seagate Barracuda серий с 7-й по 11-ю часто можно видеть, как контактные площадки на плате переливаются всеми цветами радуги из-за пленки окислов.

Проблема вредная, но, к счастью, решается элементарно просто. Поэтому, если с жестким диском «что-то не так», стоит сразу же проверить и исправить очевидное:

1. Снимите плату с гермоблока. Для откручивания от 4 до 6 винтов понадобится отвертка-«звездочка» (Torx 9) — это самый первый инструмент.
2. Протрите этиловым или изопропиловым спиртом контакты на плате и гермоблоке. Если контактные площадки платы покрыты белесым налетом или отливают необычными цветами, аккуратно очистите их стирательной резинкой — это еще один инструмент первой необходимости.

Если такая процедура не дала эффекта, будем считать ее простой профилактикой. В таком случае настала пора познакомиться с устройством винчестера вплотную и решать, что делать дальше.

Гермоблок

Гермоблок — важнейшая составляющая современного винчестера. На массивном и жестком литом основании смонтированы шпиндель с пакетом пластин и блок магнитных головок (рис. 7.1). Полость герметично закрывается крышкой¹.



Рис. 7.1. Гермоблок со снятой крышкой

¹ Чуть позже мы уточним, что герметичность эта относительная — в гермоблоке имеется отверстие для уравнивания давления воздуха внутри «банки» с атмосферным.

Внутри корпуса накопителя с огромной скоростью вращается пластина или пакет из двух, трех или четырех пластин, расположенных друг над другом. Пластины закреплены на шпинделе двигателя. Гидродинамический опорный подшипник и статор двигателя запрессованы в основание гермоблока.

Как правило, серворазметка наносится только на одну из пластин. Перестановка пакета пластин в другой гермоблок возможна лишь при том условии, что во время переноса пластины будут зафиксированы друг относительно друга. В противном случае малейшее смещение приведет к полной невозможности чтения секторов, а восстановить взаимное положение пластин практически невозможно.

Блок магнитных головок (БМГ) состоит из коромысел (актуаторов), к которым на гибких подвесах прикреплены пластинки-слайдеры с самими головками. По-английски подвес со смонтированным на нем слайдером называют Head Gimbal Assembly (HGA), а БМГ в сборе обозначают как Head Stack Assembly (HSA).

HSA состоит из нескольких HGA, жесткого кронштейна актуаторов (Actuator Arm) с опорой и гибкой печатной платы (FPC). На гибкой печатной плате, которую часто называют и просто шлейфом, установлен предусилитель-коммутатор.

ПРИМЕЧАНИЕ

С приведенной английской терминологией и русскими производными от нее (типа «арм») вы можете столкнуться на форумах, посвященных восстановлению жестких дисков.

За счет сложной аэродинамики слайдер постоянно удерживает головки на строго определенной высоте над поверхностью пластины. Обычно зазор между поверхностью пластин и головками составляет всего около 0,05 микрометров. Существенно, что головки не должны прикасаться к рабочей области дисков ни при каких обстоятельствах! Любой контакт заканчивается плачевно и для головок, и для магнитного слоя, которым покрыты пластины.

На рис. 7.2 показаны подвесы и слайдеры с головками. Хорошо видно, что верхний слайдер оторвался и загнулся, а головки удерживаются только на проводниках. Задравшиеся головки — типичная поломка, и «лечится» она только заменой БМГ в сборе.

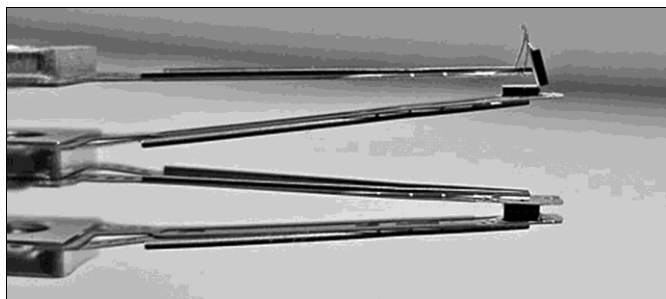


Рис. 7.2. Концы коромысел, подвесы и слайдеры под микроскопом

При выключении винчестера блок головок отводится в зону парковки. Существуют два технических решения: кольцевидная парковочная область непосредствен-

но в центральной части пластины либо пластмассовая парковочная стойка (рампа), расположенная за краем пластин. Второй вариант чаще применяется в «ноутбучных» винчестерах калибра 2,5".

Если на неработающем винчестере головки по какой-то причине оказались вне парковочной зоны, они, скорее всего, залипнут на поверхности пластин. Типичная причина — резкая встряска выключенного диска. Когда головки залипли, усилия шпиндельного двигателя обычно не хватает на то, чтобы раскрутить пакет пластин. Винчестер при этом попискивает, но не включается. Если же мощности двигателя хватило, чтобы стронуть пластины с места, ситуация осложняется. Головки могут оторваться либо останутся на месте, но пропадут борозды на поверхности пластин.

Ось БМГ, как правило, вставляется в основание гермоблока через отверстие в магнитной системе и фиксируется винтом, чаще гайкой. Сама же магнитная система состоит из двух половин — магнитопроводов с прикрепленными к ним мощными магнитами. Нижний магнитопровод удерживается в корпусе винтами и, во многих моделях, осью БМГ.

Свободный конец оси БМГ чаще всего зафиксирован винтом к крышке гермоблока. Головка винта спрятана под наклейкой. Для доступа к винту и снятия крышки наклейку необходимо отогнуть или прорезать.

Позиционированием БМГ занимается электромагнит — так называемая звуковая катушка (voice coil). Принцип ее работы примерно такой же, как и у громкоговорителя (отсюда и название). На катушку подается меняющееся со временем напряжение, и она перемещается в зазоре магнитной системы.

Обратная связь осуществляется по довольно сложной петле с участием процессора и микропрограммы, а также адаптивных настроек. На катушку подается импульс, который должен отправить БМГ приблизительно на нужную дорожку. Головка непрерывно считывает сервометки, которые оказываются под ней. В зависимости от результатов чтения разметки ток в катушке постоянно корректируется. Методом последовательных приближений головки выводятся именно туда, куда следует.

Так что величина и продолжительность импульса для перемещения БМГ с дорожки на дорожку предварительно рассчитывается, но лишь приблизительно. Затем все непрерывно подстраивается «на лету», и любой сбой в системе обратной связи приводит к невозможности позиционирования.

Пластины покрыты рабочим магнитным слоем толщиной в несколько микрометров. При работе винчестера внутри гермоблока неизбежно образуется какое-то количество пыли — от магнитного слоя могут отлетать мельчайшие частички. Для улавливания их в одном из углов расположен фильтр рециркуляции. Он сделан в виде подушечки из белого волокнистого материала. Расположение и форма фильтра подобраны так, что поток воздуха от вращения пластин выносит на него весь «мусор».

При «запиливании» пластин количество частичек, летающих по гермоблоку, резко возрастает. В конце концов, все они оседают на фильтре рециркуляции. Загрязнение фильтра бывает заметно невооруженным глазом. Серый цвет фильтра — признак того, что разрушение пластин зашло довольно далеко.

Полностью загерметизировать полость нельзя — из-за изменений атмосферного давления тонкая крышка гермоблока будет деформироваться, что неизбежно приведет к сбоям в работе привода. Поэтому в гермоблоке есть отверстие для уравнивания давления воздуха внутри «банки» с атмосферным. Оно прикрыто еще одним фильтром. Задача барометрического фильтра — пропускать воздух, но не допустить попадания внутрь даже мельчайших частиц пыли.

Плата электроники

Под гермоблоком современного винчестера закреплена печатная плата, на которой находятся практически все электронные схемы жесткого диска (рис. 7.3). Исключение — миниатюрный предварительный усилитель, установленный непосредственно на БМГ внутри гермоблока. Иначе плату электроники называют PCB (Printed Circuit Board), т. е. попросту печатной платой.

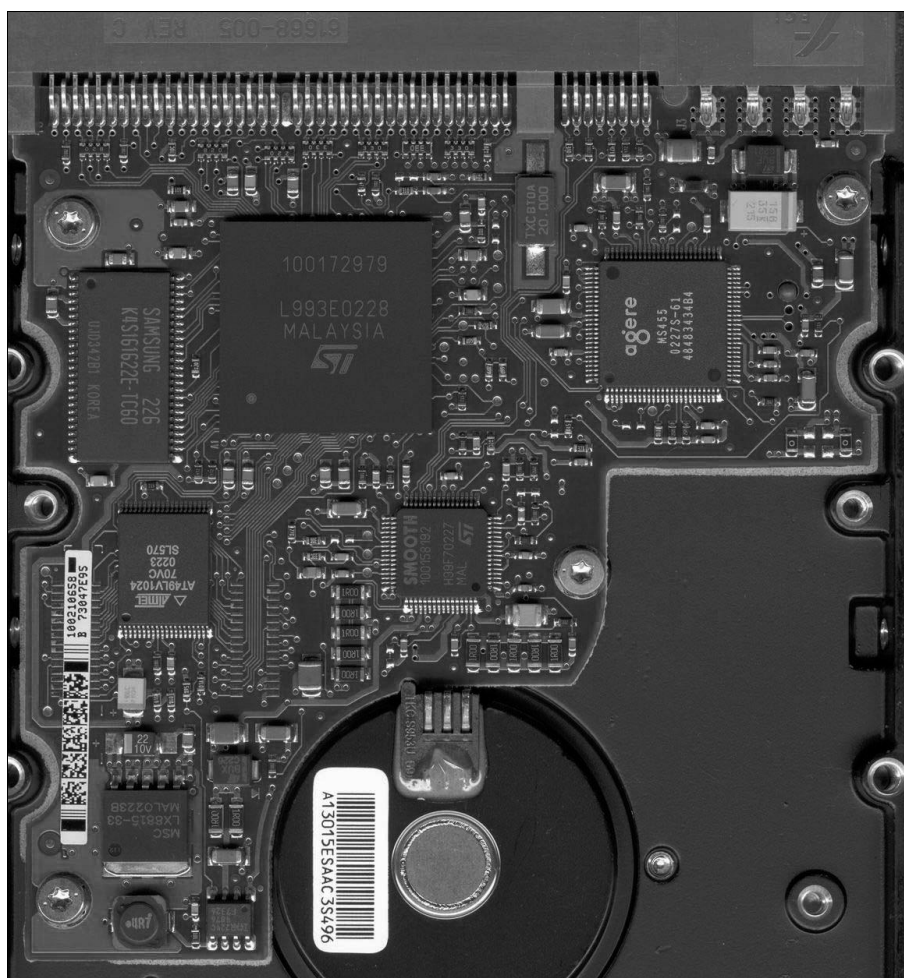


Рис. 7.3. Плата электроники винчестера

На торце платы расположены разъемы АТА-интерфейса и питания, а также блок джамперов. На винчестерах IDE джамперы служат для переключения между режимами Master и Slave. На дисках SATA с помощью джамперов может выбираться скорость передачи данных, например, 1,5 или 3 Гбит/с. Помимо этого, на штырьки блока джамперов выведен последовательный сервисный интерфейс (RS-232).

Форма платы зависит от модели и серии диска. Печатные элементы могут быть обращены как наружу, так и внутрь, в сторону гермоблока. В последнем случае микросхемы обычно прижимаются к гермоблоку через теплопроводную прокладку, и массивный корпус играет роль теплоотвода. На плате расположены минимум четыре микросхемы:

- ❑ основной микропроцессор (Micro Controller Unit, MCU), который обеспечивает всю обработку и передачу данных между внешним интерфейсом и блоком головок. Внутри него обычно выделяют две схемы:
 - цифровой сигнальный процессор (Digital Signal Processor, DSP), отвечающий за считывание и запись информации внутри винчестера;
 - схема внешнего интерфейса, обеспечивающая обмен данными через SATA или IDE. Иногда интерфейсный процессор вынесен в отдельную микросхему;
- ❑ микросхема оперативной памяти. Она задействована двояко:
 - часть памяти обслуживает собственные нужды процессора;
 - большая часть выделяется под кеш данных;
- ❑ микросхема флеш-памяти (Flash-ROM, ПЗУ), хранящая часть прошивки (микропрограммы) винчестера. Если такой чип на плате отсутствует, флеш-память интегрирована в корпус микропроцессора;
- ❑ контроллер привода шпинделя и позиционирования блока головок (драйвер, Voice Coil Motor controller, VCM). Этот же чип управляет стабилизаторами, от которых питаются процессор и микросхема предусилителя-коммутатора (Preamplifier, Preamp), расположенная в гермоблоке. Чип VCM является главным потребителем энергии на плате и может нагреваться почти до 100 °С. Ремонтники в шутку называют его «крутилкой-шевелилкой».

Микросхемы окружены элементами их обвязки: стабилизаторами, конденсаторами, резисторами. В основном они обеспечивают согласование входов/выходов и питание. В отличие от микросхем, исправность этих компонентов легко проверяется с помощью обычного мультиметра.

Микропрограмма винчестера

Работоспособность современного винчестера целиком и полностью зависит от целостности его микропрограммы и служебной информации. Здесь самое время вернуться к тому, что «лежит между физикой и логикой».

Сама микропрограмма состоит из нескольких модулей, каждый из которых отвечает за определенные этапы инициализации и работы диска.

Технически модули могут храниться в трех местах:

- ❑ в микросхеме флеш-памяти;
- ❑ во флеш-памяти внутри микросхемы контроллера;
- ❑ на служебных дорожках диска.

Распределение этой информации по модулям и особенности их размещения зависят от модели винчестера. Подробности, касающиеся определенной модели, можно найти в технических описаниях. Сведения по различным винчестерам приводятся в документации к программно-аппаратным комплексам.

К рабочим программам (микрокоду) управляющего микроконтроллера относятся подпрограммы первоначальной диагностики, управления вращением двигателя, позиционирования головок, обмена информацией с дисковым контроллером, буфером и т. д. В большинстве моделей они размещаются во внутренней флеш-памяти («прошивке») микропроцессора, в некоторых винчестерах для этого используется чип флеш-памяти.

Часть подпрограмм может храниться в служебной области магнитного диска. В полупроводниковой памяти в любом случае должны размещаться модули инициализации, позиционирования и начальный загрузчик для считывания остальных модулей с пластин в оперативную память винчестера. Работа жесткого диска начинается с загрузки этой части микропрограммы в микросхему оперативной памяти и ее отработки. Затем со служебных дорожек считываются, загружаются в память и выполняются остальные модули. В регистрах памяти они присутствуют все время, пока диск работает.

Как мы видим, внутренняя архитектура винчестера во многом напоминает архитектуру персонального компьютера в целом. Впрочем, то же можно сказать и о видеокарте, модеме или сотовом телефоне — любом устройстве на базе микропроцессора. В винчестерах Seagate микропрограмма традиционно разделена на шесть базовых модулей:

- ❑ ROM (Boot Code) — код инициализации, прошитый во внутреннем ПЗУ микропроцессора или в отдельном чипе флеш-памяти;
- ❑ App Code (Application Code) — основные рабочие подпрограммы. Модуль записан в служебной области диска. Этот модуль обязательно должен соответствовать по версии модулю ROM;
- ❑ ATA Overlay — подпрограмма (оверлей), обеспечивающая работу интерфейса ATA. Также записана в служебной области диска и обязательно должна быть совместима с App Code и ROM;
- ❑ CERT Code — код самодиагностики. Он не задействован при нормальной работе, но необходим для выполнения многих технологических команд и процедуры Selfscan. Должен быть совместим с ROM и APP;
- ❑ CERT Tables — таблицы и скрипты самодиагностики. Необходимы для выполнения CERT Code;
- ❑ STUFF — паспорт накопителя, который сообщает геометрию и другие параметры диска BIOS и операционной системе.

Сразу после подачи питания происходит запуск и самодиагностика винчестера. Модули обрабатываются в той последовательности, в которой мы их перечислили. В конечном счете, винчестер должен выдать паспорт по интерфейсу АТА компьютеру — BIOS, используя полученные сведения, определяет подключенный и инициализировавшийся диск.

Повреждение любых модулей, кроме CERT, приводит к полной неработоспособности винчестера. Обычно это выражается в том, что накопитель после старта зависает на одном из этапов самодиагностики. В результате диск не определяется в BIOS, и система сообщает об ошибке подключенного дискового устройства.

Восстановление модулей производится посредством *лоадеров* (загрузчиков). Лоадер представляет собой бинарный файл — образ соответствующего модуля. Через служебный последовательный интерфейс он с помощью сервисной программы загружается в оперативную память винчестера и выполняется. Затем, по отдельной команде, модуль может быть записан на предназначенное ему место на служебных дорожках.

Примерно по такой же схеме происходит штатное обновление микропрограммы. Прошивкой, как видите, называть ее не совсем правильно — значительная часть микропрограммы записана не в полупроводниковой памяти, а на магнитном диске! Основное отличие между запуском лoadеров и обновлением прошивки в том, что первое производится на неисправном винчестере и подменяет загрузку поврежденных модулей собственной микропрограммы, а второе выполняется после успешной загрузки и производится через штатный интерфейс штатными средствами.

Следующее принципиальное понятие — *адаптивы*. В современном винчестере зазоры и допуски настолько малы, что они сопоставимы с величиной тепловых деформаций. Добавим сюда неоднородность магнитного покрытия пластин, разброс характеристик головок и элементов предусилителя-коммутатора и прочие непредсказуемые факторы.

Из-за этого микропрограмма, раз и навсегда написанная для определенной модели винчестера, работает с константами, которые адаптируются для каждого конкретного экземпляра накопителя. Они используются при расчете тока записи, усиления канала считывания, амплитудно-частотной характеристики головок, напряжения смещения для каждой головки. Плюс к тому нужна таблица коррекции параметров каждой головки при работе ее в каждой зоне и т. п.

Набор и содержание адаптивов зависит от модели диска и версии микропрограммы. Величины же этих констант вычисляются и записываются при выпуске винчестера. Процедура расчета и записи адаптивов выполняется либо с помощью технологического оборудования, либо собственными средствами винчестера в ходе его полной самодиагностики (Selfscan).

Сразу скажем, что процедура Selfscan длится часами и даже сутками, а вся информация в пользовательской области полностью стирается. По этой причине Selfscan иногда используют при «ремонте ради ремонта», но с восстановлением данных процедура принципиально несовместима!

Как правило, адаптивы записываются в служебной области на самом диске, и замена платы на них не влияет. Исключением являлись немногие модели, например Fujitsu, в которых адаптивы заносились во флеш-память на плате. По идее, без сво-

их собственных адаптивов жесткий диск работать не должен! В действительности, при повреждении адаптивов или перезаписи их скопированными с другого винчестера, работа диска иногда все-таки возможна. Однако в этом случае скорость чтения падает на порядки и возникают многочисленные ошибки.

Диагностика и устранение аппаратных неисправностей

Некоторую информацию к размышлению обычно дает история о том, что предшествовало аварии. Существуют достаточно типичные ситуации.

- Удары и падения выключенного винчестера (компьютера) часто приводят к залипанию головок, а включенного — к обрыву головок или запыливанию поверхности.
- Повторяющиеся зависания компьютера — слишком общая фраза. Если они были связаны с перегревом, неисправностями материнской платы и прочими неполадками уровня «процессор-чипсет-память», на диске вполне могли возникнуть различные логические ошибки. Однако излишняя «задумчивость» или зависания системы могут указывать и на начало разрушения одной или нескольких головок винчестера. Уровень сигнала падает, диск выполняет рекалибровку, пытается найти дорожки, и проявляется это как раз подвисанием системы в процессе интенсивного чтения служебной информации. Уточняющий признак — необычные звуки, которые винчестер издает в это время. Подобное происходит и при появлении обширных bad-секторов без явного повреждения головок.
- Проблемы с питанием способны повредить электронику винчестера. Частный случай — переставляя диск на другой компьютер или при техобслуживании ухитрились перевернуть разъем Molex. Это требует большой физической силы, но все же случается. В результате выгорают сразу несколько микросхем и элементы обвязки.
- Срабатывание защиты БП только при подключенном диске — характерный признак замыкания на плате винчестера. Скорее всего, пробит один из защитных диодов.

Назовем и вполне очевидные случаи: диск пытались отформатировать, изменить размер разделов, переустановить систему и т. д. Правда, «после того, как» еще не означает «вследствие того, что». Бывают забавные совпадения, которые способны увести далеко от истинной причины! Всецело полагаться на «историю болезни» не стоит — минимальную программную диагностику провести все равно необходимо.

Начинается диагностика, как принято, с осмотра. Непременные условия — хорошее освещение и лупа. Чтобы подтвердить увиденное измерением, желательно держать наготове и мультиметр.

Снимите плату с гермоблока. Обратите внимание на состояние разъемов интерфейса и питания. В них бывают загнуты, вдавлены или оторваны контакты. Кроме того, при внешне целом разъеме пайка отдельных ламелей может отойти от платы. Этому способствуют рывки за шлейф и грубое обращение при подключении-

отключении шлейфа. В дисках SATA подобным образом чаще страдает разъем питания — он шире, и усилия к нему прикладывают большие. Дефект малозаметен, и для его выявления целесообразно слегка покачать разъем. Если возникло серьезное подозрение на нарушение контакта, проще всего смазать флюсом и пропаять весь ряд ламелей. Делать это лучше феном с тонким соплом, но можно и паяльником.

Осмотрите контактные площадки на плате (рис. 7.4). При необходимости очистите их. Заодно полезно протереть-пошевелить и ответные контакты на гермо-блоке.

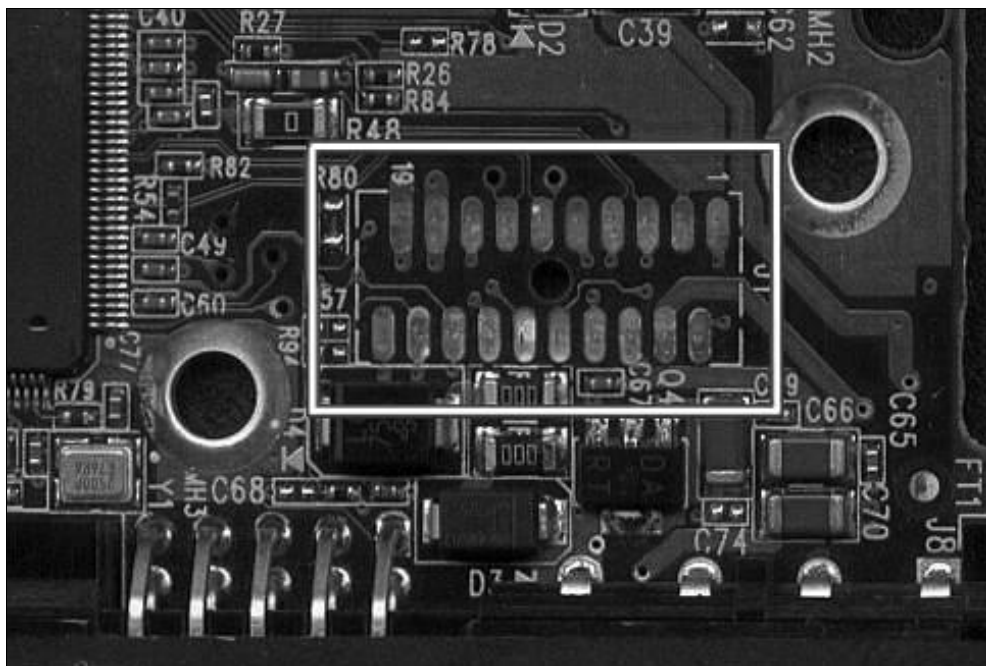


Рис. 7.4. Контактные площадки, соединяющие плату с БМГ

Осмотрите плату на предмет отколотых или оторванных элементов. При неаккуратной установке диска в корпус печатный монтаж порой страдает. В отличие от материнских плат или видеокарт, на платах винчестеров, как правило, распаяны все компоненты. «Пустых площадок», по идее, быть не должно. На то, что деталь была, но отломилась, достоверно указывает матовая и неровная поверхность площадки.

Выгорание микросхем и защитных диодов часто бывает видно невооруженным глазом. На микросхемах характерный признак тяжелого электрического повреждения — крапинка на поверхности. В сущности, это крошечная воронка в пластмассе, выбитая микровзрывом на кристалле. Лучше всего подобный дефект заметен, если рассматривать поверхность чипа по касательной и при боковом освещении.

Особенность винчестеров — использование диодов-супрессоров (диодов типа Transil, «трансиллов»). Они защищают цепи питания + 5 В и + 12 В, включены в обратном направлении и действуют подобно стабилитронам или варисторам. Если напряжение превышает заданный порог, диод лавинообразно открывается, а при

достаточно длительном и мощном импульсе пробивается, но ценой своей жизни спасает всю последующую схему.

Сгоревший диод обычно виден сразу, но даже при отсутствии явных признаков проба желательно на всякий случай прозвонить его мультиметром. Трансилы в корпусах SMD практически нигде больше не встречаются, и для замены их обычно берут с «погибших» плат винчестеров. В крайнем случае, диод можно вообще убрать — диск будет работать и без него, однако скачки напряжения питания теперь пойдут прямо на микросхемы.

На платах многих моделей бывают установлены полупроводниковые предохранители и «нулевые» резисторы-перемычки. Эти элементы обычно перегорают скрытно, и проверить их можно только измерением.

На рис. 7.5 стрелками указаны полупроводниковый предохранитель (маркировка 125F) и «нулевой» резистор (маркировка 0). Рядом с ними видны два диода-трансила. Эти элементы стоят в цепях питания и, как правило, расположены вблизи разъема.

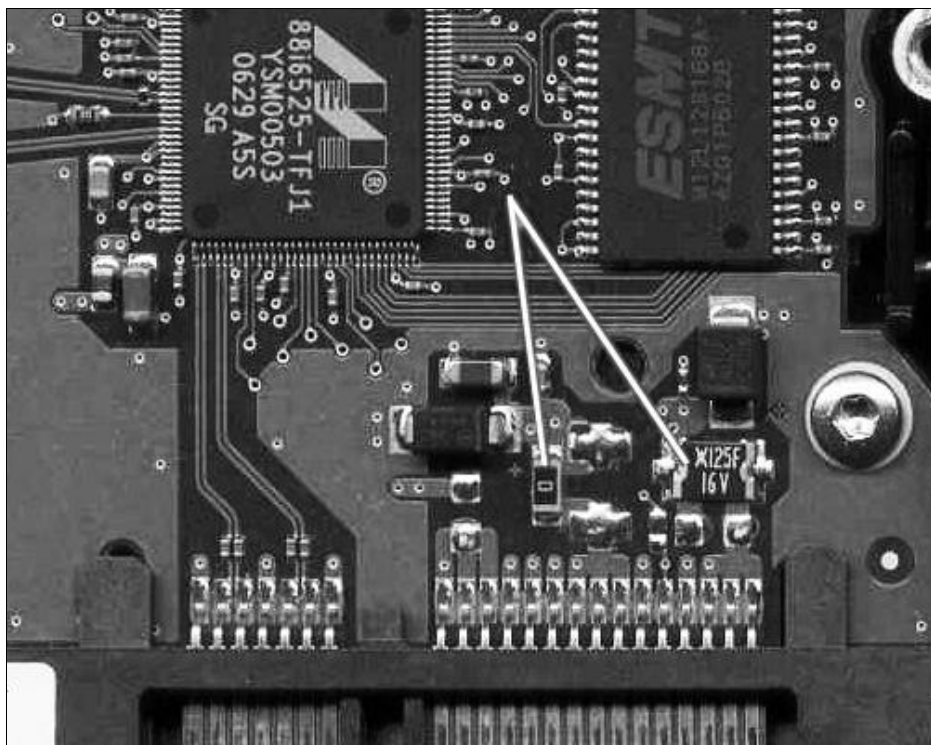


Рис. 7.5. Предохранители и диоды в цепях питания

Второй этап диагностики — пробное включение. Если осмотр дал какие-то значимые результаты, и вы устранили замеченные неисправности, либо, наоборот, ничего подозрительного на первый взгляд не обнаружили, пора собрать винчестер обратно и запустить его. Пока интерфейсный кабель подключать не обязательно — достаточно только подать питание.

Многие мастера берут винчестер в руки, некоторые прикладывают к уху. При включении питания должен быть слышен нарастающий звук раскрутки шпинделя, а корпус слегка дергаться в направлении, противоположном вращению «блинов». Затем в течение нескольких секунд слышны звуки калибровки: БМГ интенсивно позиционируются, однако резких щелчков и ударов быть не должно. Затем звук вращения дисков выравнивается. В норме это монотонный гул или шелест.

Любое другое поведение накопителя говорит о возможной неисправности. Ситуаций может быть несколько, и каждая наводит на определенный круг предположений:

- ❑ не происходит ничего вообще — то, что при подаче питания двигатель не запускается, скорее всего, означает неисправность платы электроники. Проблемы могут оказаться в цепях питания, управления двигателем, а также в любой из схем, связанных с управляющим процессором и микроконтроллером. Заметим, что процессор управляет, помимо всего прочего, запуском шпиндельного двигателя и стабилизацией скорости его вращения. Неисправные микросхемы часто нагреваются так, что не терпит палец (это лучший термометр!). Дальнейший свет на локализацию неисправности прольют измерения напряжений и сопротивлений, замена платы целиком или перепайка отдельных ее компонентов.

Случаи неисправности самого двигателя (обрыва обмоток) крайне редки, но все же известны. Чтобы убедиться в исправности обмоток двигателя, прозвоните мультиметром контакты разъема на гермоблоке относительно «массы». Сопротивление обмоток обычно составляет единицы Ом;

- ❑ диски не раскручиваются, но слышны попытки запуска двигателя: гудение, писк разного тона, музыкальное пикивание — такие звуки издают обмотки двигателя, на которые поступает переменное напряжение меняющейся частоты. Возможны две причины:
 - заклинивание оси шпинделя — это довольно характерная неисправность перегревшихся винчестеров Hitachi, да и модели других производителей иногда «клинит»;
 - залипание головок, особенно на старых винчестерах.

Если двигатель не стартует в первые секунды, диск лучше выключить. Для микросхем управления попытки раскрутить шпиндель повышенными токами часто заканчиваются плачевно;

- ❑ двигатель раскручивается, затем раздается несколько щелчков, и двигатель останавливается. При этом возможны вариации, зависящие от модели. Старые винчестеры Conner и родственные им Seagate (например, ST31276A, ST31277A, ST31722A, ST32122A) раскручиваются, останавливаются без щелчков и так много раз подряд. Накопители WD обычно не отключают двигатель и начинают монотонно стучать позиционером об ограничитель.

Подобное поведение винчестера наводит на мысль о том, что головки по какой-то причине неспособны «поймать» сервометки и/или найти и считать служебные дорожки. Уровень дефекта может быть различным. Типичные неисправности

с таким проявлением: обрыв или задираание головок, концентрические запылы пластин, а также неисправность микросхем канала чтения/записи (предусилителя-коммутатора, сигнального процессора). Непосредственная причина щелчков — удары блока головок об ограничитель из-за попыток позиционирования с большой амплитудой. Как правило, после нескольких безуспешных попыток процессор паркует головки и останавливает двигатель. В случае, если стабилизация скорости вращения шпинделя осуществляется за счет чтения серворазметки, двигатель будет остановлен почти сразу же после пуска, и до щелчков дело не дойдет.

Неисправность платы электроники локализуется ее заменой, порча головок и предусилителя-коммутатора выявляется в «чистой комнате», опять же методом замены БМГ. Разрушение поверхности пластин остается только констатировать — к сожалению, это фатальный дефект;

- при раскрутке двигателя раздается громкий неприятный звук (скрежет, свист, треск и т. п.). Причиной являются грубые механические неисправности: либо разрушение подшипника, либо смещение дисков (например, после удара), либо полный отрыв головок с деформацией кронштейнов. В этих случаях прогноз, как правило, неутешительный — на поверхности пластин уже не осталось «живого места»;
- винчестер работает с монотонным гулом и заметной вибрацией. Иногда считывание возможно при установке винчестера в каком-то определенном положении и глубоком охлаждении области подшипника. В самых тяжелых случаях пакет пластин можно попытаться переставить в другой гермоблок на исправный узел шпинделя.

Прослушивание винчестера при включении часто позволяет сразу поставить диагноз. Целую коллекцию характерных звуков, издаваемых различными моделями дисков в норме и при разных неисправностях, можно скачать со странички <http://www.mhdd.ru/sound.shtml>.

Если шпиндель раскручивается, как положено, продолжаем проверку. Присоедините интерфейсный разъем и вновь включите компьютер. В простейшем случае нажмите клавишу , чтобы зайти в настройки BIOS, либо во время процедуры POST, когда определены дисковые устройства, нажмите клавишу <Pause/Break>, чтобы увидеть, как диск определился в BIOS.

В норме винчестер должен определиться в BIOS под своим именем и со своим штатным объемом. Иные варианты говорят о повреждении микропрограммы — управляющий процессор «зависает» из-за сбоя при чтении информации из служебной области диска. Содержимое служебных секторов могло пострадать как из-за случайного сбоя или некорректного обновления, так и из-за появления bad-блоков в этой области. Проявлений несколько, и они подсказывают вероятную локализацию проблемы:

- винчестер не выходит в состояние готовности, на команды не реагирует и вообще не определяется в BIOS — ошибки на уровне любых блоков микропрограммы;

- ❑ винчестер выходит в готовность, но сообщает BIOS неверный идентификатор, состоящий из бессмысленной смеси символов, и/или неправильные сведения о своем объеме — здесь основное подозрение падает на паспорт накопителя (компонент STUFF).

Как правило, на этом этапе уже становится ясно, нуждается ли жесткий диск в каком-то аппаратном ремонте, либо можно переходить к тестированию поверхности и снятию образа диска. Чтобы принять принципиальное решение о вскрытии гермоблока или замене платы, как правило, достаточно пробного включения диска.

Дополнительные сведения может дать опрос винчестера сервисными командами через терминал. Об этом чуть дальше. Нужно только помнить, что длительная диагностика накопителя с задравшимися или залипшими головками, серьезным разрушением магнитного покрытия или заклинившим подшипником, скорее всего, практически значимых открытий не принесет, а вот окончательно «добить» диск может запросто!

Замена платы электроники

Замена платы — операция предельно простая, хотя не всегда она приводит к желаемому результату. Главная проблема в том, что внутри одной серии и даже одной модели винчестеров производители выпускают множество разновидностей (аппаратных ревизий), а те, в свою очередь, снабжаются различными версиями микропрограмм.

В общем случае успешной может быть замена при условии полного совпадения серии, ревизии платы и версии микропрограммы. Совпадение версии важно из-за того, что часть микропрограммы хранится в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ) на плате, а другая часть — в служебной области на пластинах. Отсюда напрашивается и вывод — в крайнем случае ПЗУ (чип флеш-памяти) может быть перепаяно на плату-донор, чтобы микропрограмма целиком «осталась при своем гермоблоке». Однако в некоторых моделях ПЗУ встроено в чип процессора, и операция теряет смысл — чем переносить микросхему в корпусе BGA, проще отремонтировать все остальное. Адаптивы в современных дисках, как правило, хранятся на самих пластинах, и с этим проблем обычно не возникает.

Сведения о серии, модели, ревизиях и версиях наносится на этикетку, которая наклеена на гермоблок. Seagate/Maxtor, Western Digital, Samsung, Hitachi и Fujitsu пользуются различными способами маркировки, но смысл остается одним. Например, типичные обозначения на винчестерах Seagate содержат от 5 до 8 строк (рис. 7.6):

- ❑ Series — серия, маркетинговое понятие;
- ❑ Model — модель. Более конкретное обозначение, которое хорошо подходит для торгового и складского учета, но для ремонтников его явно недостаточно;
- ❑ S/N — серийный номер, уникальный внутри каждой серии, требующийся для поштучного учета изделий. По идее, это исчерпывающий идентификатор! Однако доступ к базе данных, увязывающей серийные номера с параметрами диска, есть только у авторизованных сервис-центров;

- ❑ P/N — Part Number. Примерно то же, что и модель, но в формате для внутреннего учета фирмы-производителя и сервисных центров. Учитывает аппаратные ревизии платы и гермоблока;
- ❑ HDA P/N — аппаратный идентификатор гермоблока;
- ❑ Configuration code (Config) характеризует аппаратную ревизию платы электроники (марку процессора и других микросхем). Этому коду соответствуют и основные поколения (старшие версии) микропрограммы;
- ❑ Firmware — конкретная версия микропрограммы внутри Configuration code;
- ❑ Date code — код даты выпуска;
- ❑ Site code указывает на особенности БМГ, в т. ч. параметры предусилителя-коммутатора. Строго говоря, это код завода — у БМГ, выпущенных на одном заводе, разброс параметров минимален. Site code следует учитывать при перестановке БМГ, а при замене платы это не важно.

Таким образом, при замене платы на винчестерах Seagate крайне желательно, чтобы у диска-реципиента и диска-донора в точности совпадали значения Config и Firmware на наклейках. Во всяком случае, должны совпадать значения Config. Известны случаи успешной замены платы и при отличающихся кодах, но это уже вопрос удачи, на которую систематически полагаться не стоит.

Стартовая часть микропрограммы (embedded код) может содержаться во встроенном ПЗУ основного чипа (процессора). У таких винчестеров для корректной перестановки плат обязательно должна совпадать и первая строка маркировки основного чипа (рис. 7.7).



Рис. 7.6. Обозначения на этикетке винчестера



Рис. 7.7. Маркировка процессора

На наклейках винчестеров WD обозначения версий микропрограммы и ее компонентов нередко отсутствуют. Выяснить их можно было бы программными способами, но при неисправности платы электроники это проблематично по определению. В таком случае остается положиться на совпадение моделей, близкие даты выпуска и серийные номера, а также на максимальное сходство маркировки чипов на платах.

Эффективный прием — перепайка микросхемы флеш-памяти (рис. 7.8) с «родной» платы на плату-донор. При пайке следует избегать перегрева — критическая температура, при которой содержимое Flash ROM стирается, составляет около

350 °С. Это лишь немногим выше точки плавления припоя, особенно бессвинцового (ROHS).

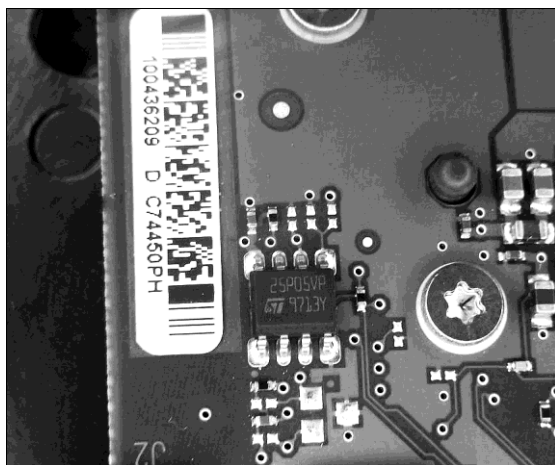


Рис. 7.8. Чип флеш-памяти (Flash ROM)

Для перестановки плат нужно иметь коллекцию винчестеров — чем она больше, тем выше шансы сразу подобрать подходящий диск-донор. Это же касается и замены БМГ. В противном случае поиск может затянуться. В продаже диски не залежируются, и уже через пару лет вы едва ли встретите нужную модель в магазинах.

Если авария произошла в компьютерном парке организации, донор в первую очередь следует поискать в других компьютерах того же офиса. Когда техника закупалась партиями или хотя бы в одном месте, есть вероятность, что в другой машине установлен идентичный диск. В принципе, плату потом можно будет вернуть обратно, и диск-донор совершенно не пострадает.

Однако при замене электроники ремонтника подстерегает серьезная ловушка. Допустим, заклинил шпиндель. Контроллер некоторое время пытался запустить двигатель и раскрутить диск, а в результате сгорел от перегрузки. При диагностике диск «молчит», и мы остановимся на очевидном — неисправен контроллер шпиндельного двигателя.

Столь же очевидным решением является замена платы целиком (если есть подходящая) либо перепайка микросхемы VCM (если плату заменить нельзя). Однако новую плату или перепаянный чип почти моментально постигнет та же судьба! Вывод: если после замены платы раздается характерный переливчатый писк, питание следует немедленно выключить, и не испытывать контроллер двигателя на прочность. Продолжать эксперименты можно лишь после устранения первопричины.

Подробные сведения о совместимости плат можно найти в документации, которой компания ACELab снабжает комплексы PC-3000. По понятной причине эти документы мы не цитируем, но тот, кто ищет, обязательно сумеет найти их в Сети ☺. Другой незаменимый источник информации — форумы на сайтах **www.rom.by**, **www.ihdd.ru**, **hddguru.com**. Рекомендации по замене плат на свежих сериях винчестеров в первую очередь появляются там.

Ремонт платы электроники

Перестановка плат — наиболее простое решение. Обычно так и поступают. Однако возможность ремонта «родной» платы тоже нельзя сбрасывать со счета. Основной источник запчастей — аналогичные платы электроники.

Прежде всего, ремонту подлежат платы со сгоревшими защитными диодами. В лучшем случае при пробое диода сразу срабатывает защита блока питания. Бывает, что БП вовремя не среагировал на бросок тока. В таком случае перед трансилом сгорает «нулевое» сопротивление или полупроводниковый предохранитель. Их тоже нужно заменить.

Если корпус трансила взорвался, и по его остаткам не удастся определить полярность, проследите дорожки от разъема питания. К линии питания припаиваемый диод должен быть обращен меткой, т. е. катодом. Другой вариант — посмотреть, как диод установлен на точно такой же плате или поискать фотографии платы в Интернете.

В крайнем случае, остатки диода можно просто убрать, а вместо предохранителя напаять перемычку. Однако правильнее восстановить штатную схему. Если все остальное в порядке, отремонтированный винчестер прослужит еще долго.

Микросхема управления шпиндельным двигателем — вторая деталь, перепайка которой оправдана. Идентичный исправный компонент удастся найти на платах той же, и даже близких серий.

Однако на винчестерах Seagate Barracuda вместе с микросхемой драйвера (контроллера двигателя и катушки позиционирования) довольно часто выходит из строя и предусилитель-коммутатор (пробой по общей цепи питания). В таком случае логичнее подобрать и заменить плату целиком. Одновременно потребуются и замена БМГ с предусилителем-коммутатором — это уже ремонт лишь ради извлечения данных.

Операции внутри гермоблока

Все манипуляции внутри гермоблока требуют исключительной чистоты, аккуратности и твердости рук. Начинка винчестера ошибок не прощает, и что-либо сделать можно только сразу — повторных попыток обычно не дано. Поэтому вскрывать гермоблок стоит лишь при достоверном диагнозе и уверенности в том, что у вас есть все необходимое (навыки, инструменты, диск-донор).

С другой стороны, повреждение и залипание головок, перегорание предусилителя-коммутатора и заклинивание шпинделя — достаточно частые проблемы. Так что расклинивание шпинделя и перестановку БМГ осваивать, скорее всего, придется.

Лучший способ научиться этому — поработать некоторое время под руководством более опытного товарища в фирме, где восстановление винчестеров уже налажено. В любом случае, нужна практика и еще раз практика. Даже с хорошим наставником сначала лучше потренироваться на гермоблоках, которые больше уже ни на что не годны.

Освобождение залипших головок

Варварский метод исправления — держа отключенный накопитель в руках, несколько раз резко крутнуть накопитель в плоскости дисков. Иногда это позволяет «отлепить» головки. Правда, такое «срывание» залипших головок обычно ведет к их повреждению и появлению царапин на поверхности пластин.

Единственно правильный способ — вскрыть гермоблок в «чистой комнате», развести головки и аккуратно вернуть их в зону парковки. Снимите крышку гермоблока. Она закреплена несколькими винтами по периметру и еще одним винтом, который ввернут в ось БМГ и скрыт под наклейкой. После снятия крышки диагноз подтверждается визуально — головки находятся вне области парковки (см. рис. 7.1).

Для освобождения головок под держатель каждой из них заводится приспособление, головка приподнимается над поверхностью диска, и уже по подложенным приспособлениям БМГ поворачивается в область парковки. После этого разводчики головок извлекаются, и головки опускаются на парковочную зону.

Пример «фирменного» приспособления — инструменты для разведения головок (Read Write Head Change Tool) производства компании HDRC (рис. 7.9). Набор состоит из пластмассовых вилок, закрепленных на общем стержне, и подходит для дисков с разным количеством пластин и головок.



Рис. 7.9. Фиксатор головок HDRC

В качестве подручных средств мастера предлагают использовать полоски размером примерно 5 на 50 мм, вырезанные из пластиковой бутылки. Для жесткости полоска сгибается вдоль в виде желобка. Другой вариант — разрезанные вдоль трубочки для коктейлей. Самодельное приспособление нужно тщательно обезжирить ацетоном и спиртом, чтобы оно не оставило следов на поверхности пластин.

Еще одно подручное средство — разводчик головок, согнутый из медной проволоки диаметром 0,5–0,8 мм. Проволоке легко придать любую форму, для жесткости конструкцию можно скрутить или пропаять. Так получаются неплохие приспособления даже для дисков с четырьмя головками. Основное требование — тщательно обезжирить сделанный инструмент.

Выведя головки на место, извлеките приспособление и осторожно проверните диск рукой на один-два оборота. Если головки не были повреждены, после закрытия крышки винчестер должен раскрутиться и инициализироваться. Разумеется, долго он не проработает, но для копирования данных времени обычно хватает.

В противном случае следует думать об окончательной порче головок — касание головками поверхности диска обязательно влечет негативные последствия. Многие

специалисты предпочитают после залипания головок сразу заменять БМГ, даже не пытаясь запустить диск с «родным» блоком головок. Логика в этом есть — «залипшие» головки оказываются испорчены более чем в половине случаев.

Замена блока головок

К замене БМГ прибегают в случае любого повреждения самих головок, а также при выходе из строя предусилителя-коммутатора. В качестве донора для замены головок нужен исправный гермоблок от винчестера, как минимум, той же серии и с тем же количеством пластин/головок.

Для некоторых моделей критерии подбора донора более строгие. Например, в винчестерах Seagate серии 7200.11 используются несколько видов коммутаторов, и для успешной операции у донора и реципиента должны совпадать значения Site Code.

Начните со снятия БМГ на ремонтируемом винчестере. Прежде всего отверните два винта, удерживающие пластинку с контактами. Аккуратно подденьте пластинку пинцетом и отлепите ее от прокладки на корпусе гермоблока. Постарайтесь лишний раз не перегибать шлейф, соединяющий контактную группу с самим блоком головок.

Выверните винты, крепящие верхний магнит, и удалите его. Верхняя пластина с магнитом притягивается к нижней части магнитной системы довольно сильно, и для ее снятия можно воспользоваться плоскогубцами. Плоскогубцы при этом опираются на край «банки» и работают как рычаг — так вы избежите ударов магнитопроводов друг о друга.

Существуют и специальные съемники магнитов с захватом и мощной рукояткой. Они позволяют не только снимать, но и устанавливать магнит обратно с минимальным риском.

При снятии магнита важно не стронуть головки, которые должны оставаться в зоне парковки. Откроются катушка, подшипник и ось БМГ (рис. 7.10).

Проще всего снимать головки с помощью специального съемника-фиксатора. Съемники производства HDD Surgery (рис. 7.11) для разных моделей винчестеров крепятся непосредственно на ось БМГ за то же отверстие, через которое проходит центральный винт.

Вилочки съемника заводятся под кронштейны головок и слегка раздвигают их. Головки при этом остаются над парковочной областью (рис. 7.12).

Затем съемник с зафиксированными в нем головками поворачивается и выводится за пределы пластин. Все вместе вынимается из гермоблока (рис. 7.13).

Прямо в съемнике головки целесообразно осмотреть под микроскопом. Скорее всего, вы заметите повреждения, которые не определяются невооруженным глазом. Однако это служит лишь подтверждением того, что головки подлежат замене.

Снимите БМГ с фиксатора. Освободившийся съемник-фиксатор теперь понадобится для извлечения донорского комплекта головок.

Точно таким же образом разберите «донорский» гермоблок и извлеките из него головки. Прямо на фиксаторе установите их в ремонтируемый винчестер. Заведите

головки на фиксаторах в зону парковки. Придерживая блок головок, выведите из-под них вилочки фиксатора. Головки опустятся на парковочную область дисков. Поверните фиксатор и выведите его рычаги за пределы пластин. Снимите фиксатор. Заверните на место винт, удерживающий ось БМГ в корпусе гермоблока. Поставьте на место магнитопровод с верхним магнитом. Заверните винты его крепления. Поставьте на место крышку и равномерно затяните все ее винты.

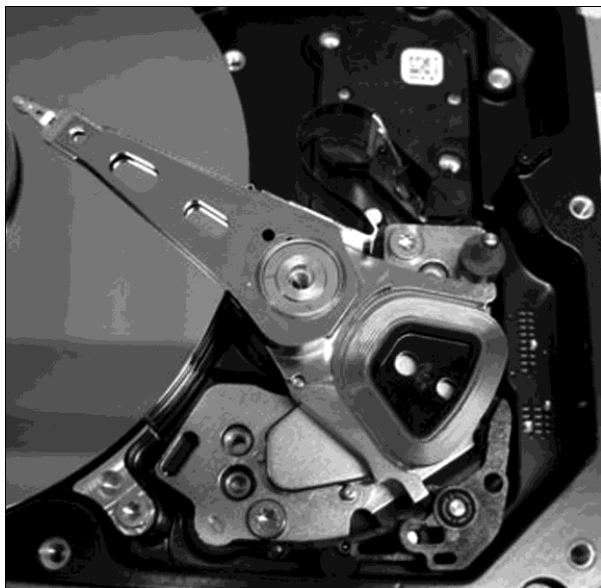


Рис. 7.10. Верхний магнит снят

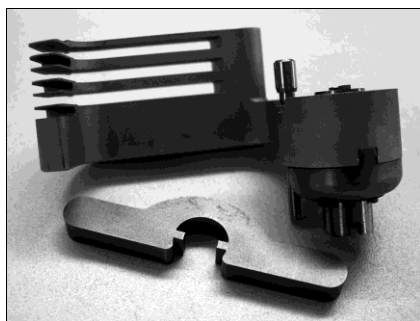


Рис. 7.11. Фиксатор головок HDD Surgery



Рис. 7.12. Съемник установлен на БМГ

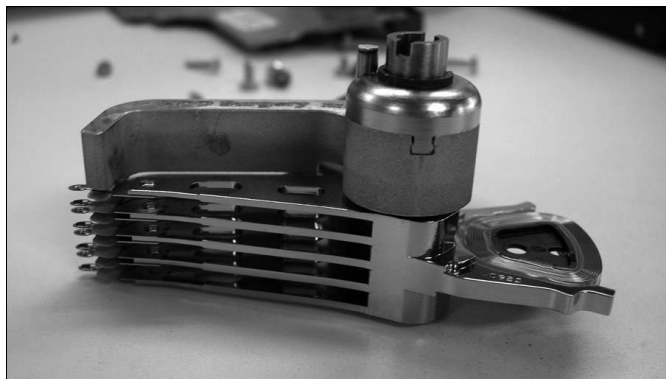


Рис. 7.13. Съемник с БМГ вынут из гермоблока

Фиксатор, показанный на рис. 7.9, действует чуть иначе. Он не закрепляется на оси БМГ, и при манипуляциях его необходимо придерживать за стержень.

При отсутствии специальных съемников для снятия и перестановки головок используют самодельные приспособления. В простейшем виде это те же сплюснутые или разрезанные вдоль пластиковые трубочки. Сначала кронштейн головки осторожно приподнимают пинцетом, а затем под него заводят пластиковый желобок. Как вариант, некоторые мастера пользуются пакетиками, согнутыми из кальки или пленки. Главная проблема в том, что кронштейны нужно раздвигать одновременно, а на дисках с числом головок больше двух это сделать не так просто.

Устранение заклинивания шпинделя

Миниатюрный подшипник несет на себе массивные пластины, насаженные на довольно длинный шпиндель. Усилия на него передаются колоссальные, и это при огромной скорости вращения и предельно строгих требованиях к радиальным и осевым биениям!

Конструкция подшипников жестких дисков продумана до мелочей. Для удержания и распределения смазки на поверхностях вырезаны каналы сложной формы (обычно их три), а также нанесена лазерная гравировка (рис. 7.14). Благодаря им между валом и втулкой формируется и постоянно поддерживается тончайшая пленка масла — поэтому подшипник называется гидродинамическим.

Подшипник винчестера — узел неразборный. Шпиндель с втулкой устанавливаются в корпус гермоблока с наружной стороны. Затем в отверстие запрессовывается стопорная шайба (нижняя опорная крышка), и стык ее с корпусом заваривается. Поэтому пытаться разобрать узел шпинделя изнутри гермоблока бесполезно.

Шпиндель может заклиниваться по-разному. Более благоприятен для ремонта вариант, когда заедает опорная поверхность («пятка») вала. В этом случае удастся удалить стопорную шайбу, которая является дном стакана подшипника, даже без вскрытия гермоблока, и освободить вал.

Если же задиры возникли на цилиндрической поверхности вала или втулки подшипника, шпиндель становится трудно провернуть даже плоскогубцами. О восстановлении нормального вращения не может быть и речи — подшипник испорчен

окончательно. Из этой ситуации гарантированный выход лишь один — переставить пакет пластин в другой гермоблок с исправными подшипником и двигателем. Однако из-за того, что необходимо очень точно сохранить взаимное расположение пластин в пакете и их центровку, такая операция считается одной из самых сложных.



Рис. 7.14. Стакан, вал, втулка и стопорная шайба

Известны и случаи «прихватывания» вала, когда до полного зажима и появления задиrow в подшипнике дело не доходит. Такой дефект характерен для винчестеров Hitachi, и возникает по причине перегрева диска во время работы.

Порой «подобное лечится подобным»! В качестве временного решения проблемы предлагают нагреть корпус гермоблока в области стакана подшипника примерно до 100 °С. Из-за разного коэффициента теплового расширения материалов, из которых изготовлены вал и стакан, шпиндель освобождается, и с дисков удается считать данные. Методику подробно описал известный специалист по восстановлению информации Станислав Корб (www.stankorb.com).

Винчестер кладут платой вверх и феном подогревают подшипник. Температура потока воздуха устанавливается около 230 °С. Чтобы защитить плату, ее следует отгородить куском фольги на бумажной подложке (например, от сигаретной пачки), а другую сторону гермоблока для охлаждения желательнее обдувать вентилятором. Затем на диск подают питание — он должен раскрутиться и откалиброваться. По мере остывания вал может подклинить снова, и нагрев приходится повторять несколько раз, пока с диска не будет прочитано все, что нужно. В таком режиме диск может проработать не более 3–5 часов, однако и этого бывает достаточно для снятия образа.

Методика удаления опорной шайбы разработана ведущим инженером компании AceLAB Сергеем Яценко и многократно описана в Интернете. В основе лежит идея о том, что наиболее нагруженной и уязвимой является торцевая поверхность вала, и проблема чаще всего возникает именно на ней.

На рис. 7.15 показана нижняя часть гермоблока в области стакана подшипника. Стрелка 1 указывает на сварной шов, цифрой 2 обозначена опорная шайба, а стрелками 3 намечены места сверления отверстий.

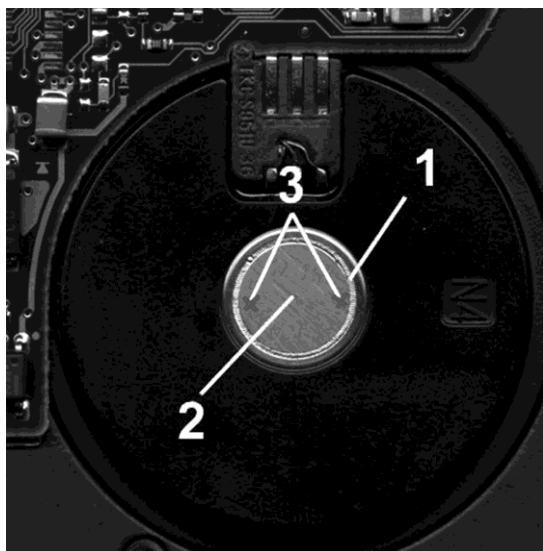


Рис. 7.15. Вид на подшипник с нижней стороны гермоблока



Рис. 7.16. Фиксатор-съемник пакета пластин

Чтобы освободить заклинивший вал, необходимо дреммелем или бормашиной сточить сварной шов по кругу на глубину около 1 мм. Когда сварка срезана на всю глубину, опорная шайба удерживается в отверстии только за счет запрессовки.

Затем в опорной шайбе сверлятся два отверстия диаметром 1,5–2 мм и глубиной не более 3 мм. Опилки и стружка тщательно смываются спиртом. В проделанные отверстия вставляется специально изготовленный ключ в виде вилки. Ключи подобной формы часто используют для «вандалоустойчивых» винтов, которыми крепят, например, вызывные панели в лифтах. Можно поступить проще — выпилить вилочку из обычной плоской отвертки или заточить кончики круглогубцев.

С помощью ключа стопорная шайба провертывается и постепенно вытаскивается из своего гнезда. Когда шайба извлечена, становятся видны торец вала шпинделя и втулка подшипника. Теперь можно удалить заусенцы или стружку, образовавшуюся в подшипнике.

Если операция прошла успешно, вал станет вращаться беспрепятственно. Однако после удаления шайбы винчестер сможет работать только в положении подшипником вверх — ведь пятке вала больше не на что опираться. Отверстие обязательно нужно заклеить изолянтной или скотчем, чтобы предотвратить загрязнение смазки и попадание в подшипник пыли.

Если таким методом расклинить подшипник не удалось, остается лишь перестановка пластин в другой гермоблок. Основная хитрость при перестановке — фиксация пакета пластин. Одна из конструкций фиксатора приведена на рис. 7.16. Это продукция уже упоминавшейся индийской компании HDRC.

Жизнь показала, что при работе с содержимым гермоблока успех примерно в равных долях зависит от осознанной тактики, отточенных навыков работы руками и «правильного» инструмента. Это как раз та область, где испортить гораздо легче,

чем исправить! Поэтому всяческого уважения заслуживает тот, кто трезво оценивает свои возможности и при необходимости не стесняется переадресовать заказчика к более «продвинутому» коллегам по цеху. С другой стороны, опыт приобретается только практикой, и ничто не мешает осваивать различные приемы на «свалке подопытных винчестеров», которая скапливается у любого ремонтника!

Программная диагностика винчестера

Еще раз подчеркнем, что при восстановлении данных диагностика должна быть быстрой и щадящей. От установления того факта, что винчестер изобилует bad-блоками, легче не станет! Зато, пока поверхность диска тестируется, дефект магнитного покрытия успевает «расползтись», а слегка неисправная головка может погибнуть окончательно.

Программа MHDD

MHDD — небольшая, но многофункциональная бесплатная программа, работающая с винчестерами на уровне команд ATA (в обход BIOS). С ее помощью проводится диагностика поверхности дисков, выполняется чтение и запись произвольных секторов, снимаются посекторные образы накопителей. Кроме того, MHDD позволяет управлять системой SMART, парольной защитой дисков, регулировать скорость позиционирования головок и связанный с ней уровень шума и т. д.

Дистрибутивы программы выложены на сайте разработчика: www.ihdd.ru. Скачать MHDD можно в нескольких вариантах: в виде образа компакт-диска (файл `mhdd32verx.x.iso`), самораспаковывающегося образа загрузочной дискеты или исполняемого файла, запускаемого из среды DOS. На том же сайте приводится подробная документация к программе и работает форум.

Заметим, что MHDD, в первую очередь, считается инструментом для *ремонта* винчестеров. Самые эффективные функции программы уничтожают данные, зато позволяют переназначить (remap) дефектные блоки. Смысл «разрушающей диагностики» в том, что при многократной перезаписи или стирании неустойчиво обрабатываемых секторов микропрограмма винчестера заносит адреса таких секторов в список дефектов (G-list). По возможности она на уровне трансляции заменяет дефектные секторы исправными из резервной области.

Тем самым дефект поверхности скрывается — с точки зрения LBA диск вновь состоит из непрерывной последовательности совершенно исправных секторов. Однако в этом заключена и «обратная сторона медали». Дойдя до «спрятанного» дефектного блока, головка вынуждена переходить в резервную область, обрабатывать там «подменный» блок и тут же возвращаться обратно. Во время работы диск с большим количеством переназначенных секторов постоянно пощелкивает головками, а скорость последовательного чтения/записи заметно падает.

По умолчанию программа MHDD работает с винчестером, подключенным к вторичному (Secondary) каналу IDE в качестве первого устройства (Master). Она способна обращаться и к дискам SATA или SCSI. Винчестеры SATA определяются программой как устройства на PCI-контроллере.

Функций у MHDD много. Однако при восстановлении информации востребованы лишь некоторые из них:

- ☐ получение сведений о диске (паспорта);
- ☐ сканирование поверхности диска;
- ☐ управление уровнем акустического шума (AAM);
- ☐ сохранение образа диска в файл.

Эти операции объединяет то, что они являются неразрушающими, поскольку не связаны с записью данных на диск. Делать что-либо другое с винчестером, на котором остается нужная информация, не стоит. Наша задача — лишь оценить ситуацию!

Запишите программу на компакт-диск, а затем загрузите компьютер с него. На экране появится меню выбора накопителей (рис. 7.17). Выберите диск, который нужно исследовать, и введите его номер по списку. Можно вызвать это меню в любое время нажатием комбинации клавиш <Shift>+<F3>.

```
[ Drive parameters - PRESS F2 to DETECT ]      [ Current position ]

MHDD PCI Scan module v2.3
PCI BUS ver: 2.16
PCI Last Bus: 2

Created directory : "CFG"
Autodetect disabled. To enable see MHDD.CFG

PORT 1F0h (Primary controller)
1. [ VMware Virtual IDE Hard Drive 00000001 00000...16,777,216 ]

PORT 170h (Secondary controller)
3. [ VMware Virtual IDE Hard Drive 00000001 10000...2,097,152 ]

PORT 100h (PC-3000 board)
5. [ ]

-----
WARNING: SLAVE DEVICES NOT SUPPORTED
Enter HDD number [3]: _
! MHDD 4.6 (c) Dmitry Postrigan ! FREWARE ! 13:45:08
```

Рис. 7.17. Программа MHDD: выбор диска

Укажите диск (например, 3), нажав клавишу с соответствующей цифрой. Нажмите клавишу <Enter>. Программа готова работать с этим винчестером.

Получить справку о командах можно в любой момент, нажав клавишу <F1>. Тем не менее многие предпочитают заранее распечатать список команд и положить бумажную «шпаргалку» рядом с компьютером — так удобнее.

Все команды вводятся с клавиатуры, регистр роли не играет. Ввод любой команды завершается нажатием клавиши <Enter>. Многие команды дублируются «быстрыми» сочетаниями клавиш. Для отмены или прерывания выполнения команды служит клавиша <Esc>.

```

50 ERR INDX CORR DREQ DRSC WRFT DRDY BUSY          AMNF TONF ABRT IDNF UNCR BBK 00
[VMware Virtual IDE Hard I 2,097,152] I 1 I
MHDD>id
VMware Virtual IDE Hard Drive LBA:2,097,152 BIOS: 81H
SN:10000000000000000001 FW:00000001 CACHE:32KB Size = 1024MB
MHDD>eid
VMware Virtual IDE Hard Drive LBA:2,097,152 BIOS: 81H
SN:10000000000000000001 FW:00000001 CACHE:32KB
Supports: LBA MS64 DMA (UDMA2,MWDMA2)
Size = 1024MB
MHDD>_

! Help : <F1> and command MAN ! 13:58:48

```

Рис. 7.18. Информация о диске

Чтобы получить сведения о диске (его паспорт), введите команду `ID` или нажмите клавишу `<F2>`. Другая команда, `EID`, выводит более подробные сведения (рис. 7.18).

В верхней части экрана постоянно выводятся значения флагов (сообщений диска) и регистров ошибок. Назначение флагов определяется стандартом ATA/ATAPI. Первоисточники проще всего найти на сайте <http://t13.org>. С собранной там многостраничной документацией ознакомиться полезно, хотя объем ее немного пугает. Мы же приводим лишь квинтэссенцию сведений о флагах и регистрах:

- ❑ **DRDY** (Drive Ready) — винчестер готов к приему команды;
- ❑ **DRSC** (Drive Seek Complete) — в старых винчестерах флаг означал буквально, что головки нашли нужный цилиндр и успешно позиционировались на нем. В современных дисках с их кешем и упреждающим чтением флаг утратил прямой смысл, и теперь его нужно рассматривать в контексте предшествующей команды;

ПРИМЕЧАНИЕ

Любое исправное устройство IDE или SATA, готовое к работе, должно выдать сообщения **DRIVE READY** и **DRIVE SEEK COMPLETE**, т. е. должны быть подсвечены флаги **DRDY** и **DRSC**.

- ❑ флаг **BUSY** сигнализирует, что накопитель занят — выполняет какую-либо операцию, например, чтение или запись. Тот же флаг поднимается и в случае «зависания» диска. Пока горит индикатор **BUSY**, все остальные индикаторы игнорируются, и винчестер может реагировать только на команду **Reset** (`<F3>`);
- ❑ **WRFT** (Write Fault) означает ошибку записи. Флаг устарел, и по современным версиям стандарта его следует трактовать как «Device Fault» — общую неисправность устройства;

- ❑ **DRQ** (Data Request) — винчестер запрашивает команду и готов к обмену данными через интерфейс;
- ❑ флаг **INDX** (Index) должен подниматься при каждом обороте диска. На современных винчестерах прямо он уже не используется и особого практического смысла не несет;
- ❑ **CORR** — коррекция. Еще один устаревший флаг, который в современных накопителях реально не применяется;
- ❑ **ERR** (Error) — ошибка. Конкретный ее код выводится в регистре ошибок. Значения регистров ошибок отображаются в правой части той же строки индикаторов:
 - **BBK** (Bad BloCk Detected) — «плохой», т. е. недоступный, блок без дальнейшего уточнения причины. Микропрограммы современных дисков этот код обычно не выдают, поскольку пытаются переназначать дефектные блоки. В случае неудачи (например, дефект-лист уже переполнен) выдается ошибка **UNC**;
 - **UNC** (Uncorrectable Data Error) — не удалось получить данные даже за счет внутренней коррекции ошибок, и блок признан нечитаемым. Может являться как следствием несовпадения контрольной суммы блока, так и результатом физического повреждения поверхности;
 - **IDNF** (ID Not Found) — не идентифицирован сектор. Обычно говорит о сбое микропрограммы или разрушении формата нижнего уровня (сервометок);
 - **ABRT** (Aborted Command) — винчестер отверг команду в результате неисправности, либо команда не поддерживается конкретным устройством;
 - **T0NF** (Track 0 Not Found) — невозможно найти нулевую дорожку, точнее, выполнить рекалибровку на стартовый цилиндр рабочей области. В современных винчестерах свидетельствует об ошибке микропрограммы или неисправности магнитных головок;
 - **AMNF** (Address Mark Not Found) — невозможно прочесть сектор, обычно в результате серьезной аппаратной проблемы (неисправности магнитных головок, запылы на поверхности пластин).

Для сканирования поверхности нажмите клавишу <F4> или введите команду **SCAN** и нажмите клавишу <Enter>. Появится меню, в котором можно задать некоторые настройки. Функции, которые способны изменить или разрушить данные на диске (**Remap**, **Erase Delays**), по умолчанию отключены.

По умолчанию номер начального сектора равен нулю (стартовый сектор). Номер конечного сектора равен максимально возможному (последний сектор диска). Для изменения значения или переключения настройки выберите соответствующий пункт клавишами со стрелками и нажмите <Enter>. Задав настройки, начните сканирование еще одним нажатием клавиши <F4>.

MHDD сканирует накопители блоками. Для накопителей IDE/SATA один блок равен 255 секторам (130 560 байтов). По мере сканирования на экране строится карта блоков (рис. 7.19). Справа от нее приводится «легенда». Чем быстрее осуще-

ствляется доступ к блоку, тем лучше. Если при обращении к блоку возникают проблемы, то время обращения увеличивается. Если же возникает неисправимая ошибка (блок совершенно недоступен), то программа переходит к следующему блоку, а на карте отображается соответствующий символ.



Рис. 7.19. Сканирование поверхности

Все, что перечислено в легенде ниже вопросительного знака (превышения допустимого времени обращения), является разными случаями недоступных блоков. Расшифровка ошибок была приведена ранее.

Главное здесь — понимать, что все это результаты физических дефектов внутри гермоблока. Вопрос вовсе не в том «Кто виноват?», а лишь в том «Что делать?». Если вы обладаете всем необходимым для работы с внутренностями гермоблока, то за подтверждением своих подозрений отправитесь в «чистую комнату» — там все будет видно. Если же такая возможность у вас отсутствует, оценка поверхности позволит решить: то ли пытаться далее вычитывать диск программными методами, то ли обращаться к тем, кто сможет заменить БМГ. Практические выводы подскажет общий вид карты:

- ❑ регулярно повторяющиеся блоки с увеличенным временем доступа — результат позиционирования головок на очередной цилиндр — совершенно нормальное явление!
- ❑ беспорядочно разбросанные блоки с разного рода дефектами — признак общей деградации привода. Пластины, подшипники или головки изношены. Возможно, винчестер был «побит» либо перегрет. Менять головки, скорее всего, бесполезно — лучше упорно вычитывать диск, охлаждая его, подбирая положение и т. д.;
- ❑ «пятно», в середине которого находятся абсолютно нечитаемые блоки, окруженные блоками с увеличенным временем доступа, — признак разрастающегося дефекта на пластине. Надо срочно извлекать образ. Замена головок вряд ли по-

может (пока отлетающие частицы действительно не разрушат их). Впрочем, несколько улучшить ситуацию может промывка и продувка пластин в «чистой комнате» и замена фильтра рециркуляции;

- строго и регулярно повторяющиеся одинаковые группы недоступных блоков — признак неисправной головки. При желании можно даже вычислить поврежденную головку, исходя из физической геометрии диска. Это как раз прямые показания к «пересадке» БМГ. Однако о состоянии пластины под дефектной головкой заранее ничего не известно — выяснить это удастся только после операции.

Полезная функция — контроль акустического шума (Acoustic Management). Шум, разумеется, мастера не волнует. Однако уровень шума, издаваемого при перемещении головок, уменьшается путем снижения скорости их перемещения. Для изношенного винчестера это может оказаться мерой, способной немного облегчить режим его работы. Предположение граничит с «шаманством», но некоторый резон в нем все же есть!

1. Введите команду `аам` и нажмите клавишу `<Enter>` — выводятся возможные значения параметра, поддерживаемые этим винчестером.
2. Введите значение, соответствующее самой тихой (`silent`) работе, и нажмите клавишу `<Enter>` — это немного поможет винчестеру, особенно блоку головок, на время последующего снятия образа.

На этих действиях диагностика заканчивается и начинается собственно восстановление данных. Раз уж мы упомянули шаманов, сделаем отступление на северную тему.

ВНИМАНИЕ!

Любые ритуалы с бубном вблизи работающего винчестера категорически не рекомендуются. Вибрация и сотрясения очень опасны для механики жесткого диска!

К температуре винчестеры, как уже говорилось, весьма чувствительны. Иногда упоминают об удачных попытках в буквальном смысле «заморозить» диск в холодильнике. Как ни странно, изредка это помогает! Все-таки температурные деформации оказывают заметное влияние и на всю механику, и на контакты в электронных компонентах — даже доли микрона вполне могут что-то решить. Зазоры уменьшаются, микротрещины в проводниках смыкаются, и диск, пусть ненадолго, но «оживает». Инструментом первой необходимости холодильник мы не назовем, но факт остается фактом.

Зато нормальное охлаждение во время считывания данных однозначно необходимо! Кроме того, на работу изношенного диска часто влияет его пространственная ориентация. Например, винчестер, практически не читавшийся в обычном положении, вдруг начинает сносно работать, будучи перевернутым «вверх ногами», причем с небольшим наклоном. Оптимальное положение приходится подбирать экспериментально. Так что во время снятия образа пригодятся и обдув вентилятором, и всевозможные подкладки и подставки под винчестер (рис. 7.20).

Некоторые специалисты всерьез говорят даже о том, что к диску можно приложить медицинский пузырь со льдом или блок наподобие тех, что используют в

сумках-холодильниках. Вполне очевидно влияние сильного охлаждения на изношенный подшипник шпинделя. За счет различия коэффициентов теплового расширения материалов вала и втулки при низкой температуре люфт может уменьшиться настолько, что «замороженный» диск начнет читаться.



Рис. 7.20. В процессе считывания диск нужно охлаждать

Программа MHDD способна копировать отдельные сектора или целый диск в файл или в набор файлов. Дефектные нечитаемые сектора программа пропускает. В отличие от утилит, выполняемых в среде Windows, MHDD при столкновении с дефектным блоком практически никогда не «завешивает» компьютер.

Команда `TOF` копирует указанный диапазон секторов (по умолчанию от нулевого до последнего сектора этого диска) в один файл. Однако MHDD сохраняет файлы только на разделы FAT/FAT32, и размер файла образа не может превышать 2 Гбайт. Если необходимо создать образ диска объемом более 2 Гбайт, придется обратиться к команде `ATOF`, которая умеет автоматически делить образы на отдельные файлы.

1. Введите команду `TOF` и нажмите клавишу `<Enter>`. Появится приглашение **Fast Disk Image Creator** (рис. 7.21).

```

50 ERR INDX CORR DREQ DRSC WRFT DRDY BUSY      AMNF TONF ABRT IDNF UNCR BBK 00
[UMware Virtual IDE Har] [ 2,097,152] [ 1 [
MHDD>tof

Fast Disk Image Creator v4.0 (LBA28/48/ASPI)

Device identify...
UMware Virtual IDE Hard Drive LBA:2,097,152 BIOS: 81H
SN:10000000000000000001 FW:00000001 CACHE:32KB Size = 1024MB

WARNING: Max output file size is limited by 2GB.
To create bigger images, please use command ATOF

Destination filename: C:\001.img
Start LBA: 0
End LBA: 2,097,151

Press <ENTER> when ready or any other key to break..._
Start: 16:38:11

Sector: 3570; 1,827,840 bytes completed
00018F82 :

TOF: Read sectors to file i 16:35:55

```

Рис. 7.21. Создание образа командой `TOF`

2. Введите номер начального сектора и нажмите клавишу `<Enter>`.
3. Введите номер последнего сектора и нажмите клавишу `<Enter>`.
4. Введите путь и имя файла образа, который надо создать. Имя произвольное, а файл нужно создавать на другом физическом диске. Разумеется, он должен быть отформатирован в FAT32.
5. Для начала копирования нажмите клавишу `<Enter>`.

Завершив копирование, можно отключить проблемный диск и заниматься уже не им, а файлом — его посекторной копией. Это убережет диск от угрозы дальнейшего разрушения. Если винчестер начал давать сбои, каждая лишняя минута работы для него губительна. Возможно, работу с проблемным диском лучше начинать именно с копирования, а к программной диагностике прибегать лишь по мере необходимости.

Какой программой делать копию — вопрос открытый. Окончательного ответа на него нет. Программа MHDD и очень похожая на нее программа Victoria (см. далее) при чтении винчестеров с многочисленными физическими дефектами создают меньше проблем. Среди таких проблем можно назвать зависание самой программы либо всего компьютера при попытках чтения некоторых сбойных секторов — в среде Windows.

С другой стороны, программа R-Studio позволяет записывать на диски NTFS образы почти неограниченного размера. Тем более, извлекать файлы из образов все равно предстоит с помощью этой программы. Вывод — попробуйте использовать разные программы и найдите наиболее приемлемый для себя способ.

Программа Victoria

Альтернативой MHDD является программа Victoria (<http://hdd-911.com>). Отличительная ее черта — русскоязычный интерфейс (рис. 7.22). Помимо бесплатной, существует и платная версия с дополнительными функциями. К ним относится, например, режим «длинного чтения», который иногда позволяет извлечь информацию из поврежденных секторов винчестеров IBM/Hitachi.

Обычно программа Victoria запускается в среде DOS со специально созданного загрузочного диска. Автор предусмотрел ее запуск и из среды Windows XP в сеансе интерпретатора командной строки. При этом нужно выполнить дополнительные настройки ОС Windows:

- ☐ отключите в диспетчере устройств канал IDE, к которому подключен тестируемый винчестер. Благодаря этому программа сможет обращаться к портам HDD напрямую;
- ☐ установите драйвер UserPort. Его дистрибутив можно скачать по адресу <http://hdd-911.com/downloads/UserPort.zip>. Подробные инструкции по установке и настройке приведены на сайте.

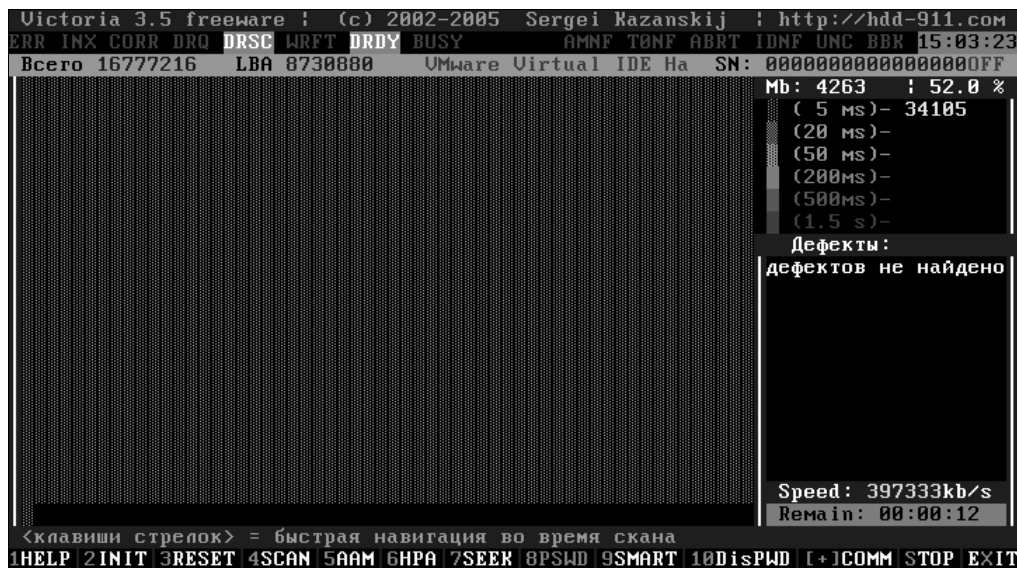


Рис. 7.22. Окно программы Victoria

Второй проект того же автора — Victoria для Windows. Это приложение с графическим оконным интерфейсом, работающее в многозадачной среде (рис. 7.23). Пока выпущены две бета-версии. В Windows 7 нормальная работа программы не гарантируется, но под Windows XP она функционирует вполне устойчиво.

Как и DOS-версия, эта программа предназначена в основном для тестирования и программного ремонта дисков. Ее интересной особенностью является редактор двоичных данных с возможностью просмотра таблиц разделов (вкладка **Advanced**).

Вместе с тем, в бесплатной версии не предусмотрено сохранение посекторного образа диска в файл. Некоторые же функции программы требуют наличия специализированного контроллера PC-3000.

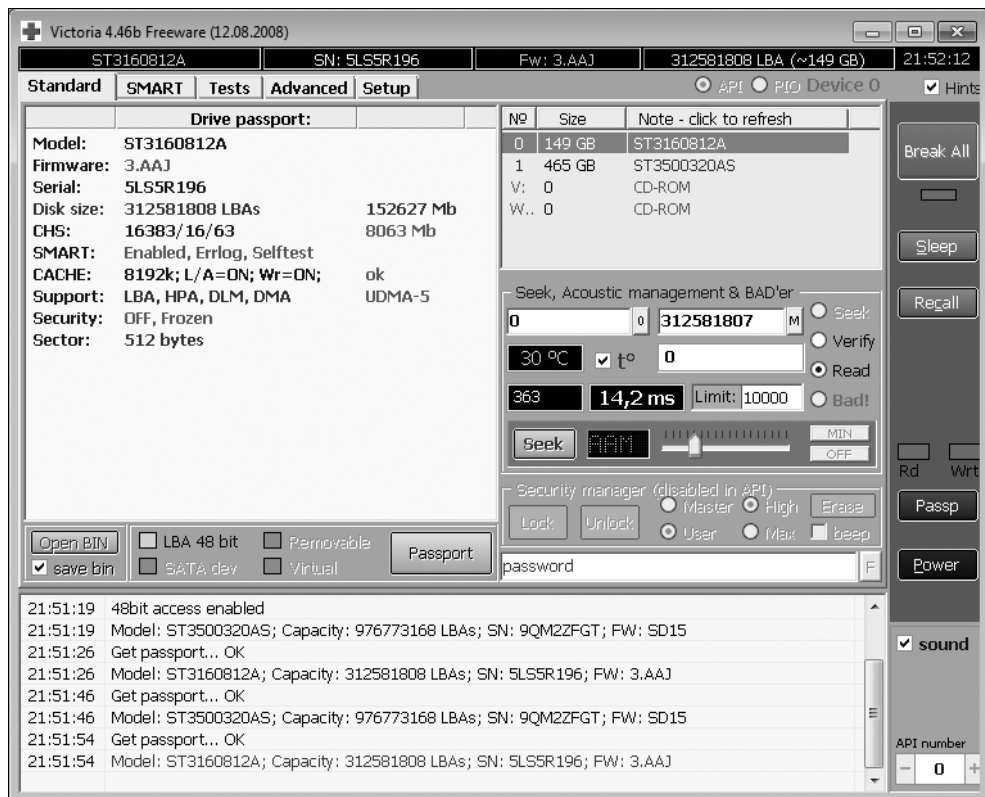


Рис. 7.23. Окно программы Victoria для Windows

PC-3000 Disk Analyzer

Компания ACELab (www.ancelab.ru) свободно распространяет полнофункциональную версию одной из программ, входящих в состав комплексов PC-3000. Правда, насчет «полной функциональности» обольщаться не стоит — через обычные ATA-контроллеры программа PC-3000 Disk Analyzer способна делать практически то же самое, что и рассмотренные ранее утилиты MHDD или Victoria.

Наиболее интересные операции, например сохранение и редактирование таблицы дефектов, возможны лишь при обращении к диску через оригинальный контроллер платы PC-3000. Утешимся тем, что эти средства нужны в основном для программного ремонта винчестеров, а при извлечении информации они не особо востребованны. К достоинствам программы относятся устойчивая работа в среде Windows 7, наличие встроенного редактора, а также удобный графический интерфейс.

Запустите программу от имени администратора. Откроется диалоговое окно выбора диска (рис. 7.24). Выберите диск для тестирования и нажмите кнопку **ОК**.



Рис. 7.24. Программа PC-3000 Disk Analyzer: выбор диска

Диалоговое окно закроется, и появится главное окно программы. Запустите тестирование поверхности, нажав кнопку **Выполнить** или клавишу <F9>.

В серии запросов предлагается указать начальный и конечный блок, способ тестирования (верификация, чтение или запись), способ обработки ошибок. Со стандартным контроллером сохранение таблицы дефектов в файл невозможно. На последнем этапе мастера вы можете уточнить временные критерии оценки секторов (рис. 7.25).

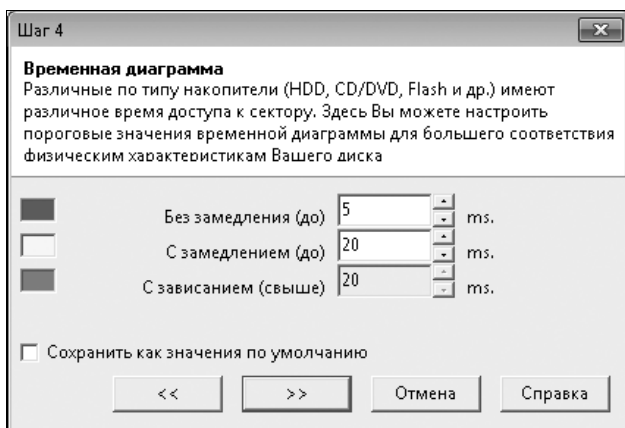


Рис. 7.25. Выбор интервалов времени обработки сектора

Начнется сканирование поверхности. Результаты сканирования отображаются одновременно в двух видах: как линейный график на вкладке **Производительность** и как карта блоков на вкладке **Временная диаграмма**. Диаграмма похожа на ту, которую строит программа MHDD, а по графику (рис. 7.26) очень удобно предполагать наличие дефектов пластин, например, начинающихся запилов.

Для приостановки и повторного запуска тестирования служат кнопки в верхней части окна. На них нанесены понятные «магнитофонные» обозначения.

Еще четыре кнопки панели инструментов открывают дополнительные вкладки:

- ❑ **Паспорт** — отображение развернутого паспорта диска;
- ❑ **Просмотр S.M.A.R.T.**;
- ❑ **Редактор сектора**;
- ❑ **Редактор дефектов**.

Данные паспорта, SMART, а также содержимое секторов программа позволяет сохранять в виде файлов. Однако редактор дефектов через обычные контроллеры не работает — требуется «фирменный» адаптер одного из комплексов от ACELab.

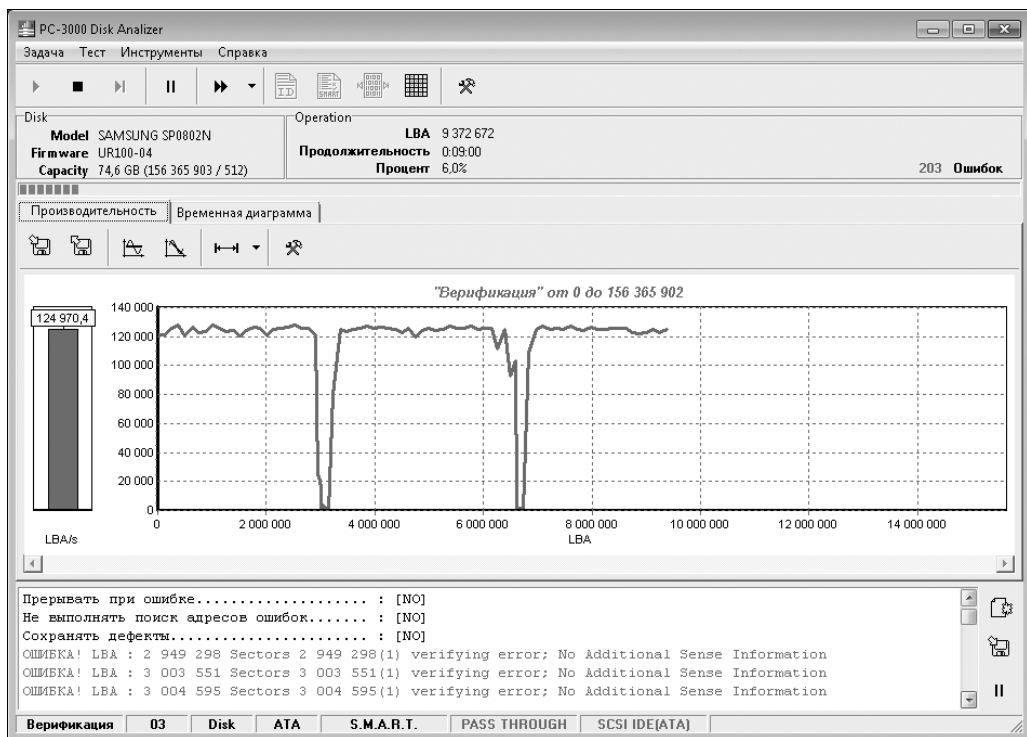


Рис. 7.26. Ход сканирования поверхности

Работа с терминалом

Важнейший способ диагностики и программного ремонта жестких дисков связан с обращением к ним через последовательный служебный интерфейс. Само существование такого интерфейса для многих обычных пользователей остается тайной. Это и не удивительно — при работе диска в штатном режиме служебный интерфейс не нужен в принципе, и производители разрабатывают его исключительно для тестирования и ремонта своей продукции в условиях заводов и авторизованных сервисных центров. Наборы команд специфичны для различных серий винчестеров.

Более того, спецификации служебных интерфейсов всячески скрываются от потребителей. Тому немногому, что известно о последовательном интерфейсе жестких дисков, мы обязаны «инсайдерским утечкам» документации и работам независимых исследователей (в том числе из компании ACELab).

Наиболее детально изучены терминальные команды дисков Seagate. Винчестеры этой марки обладают самой развитой системой технологических команд, да и распространены они шире всех остальных.

Подключение винчестера

Для общения с диском через технологический интерфейс нужен адаптер, соединяющий последовательный порт компьютера (COM-порт) с контрольными точками на плате диска. Обычно они выведены на контакты блока джамперов (рис. 7.27). В качестве «земли» используется «земля» разъема питания либо любая контактная площадка под винтами крепления платы электроники.

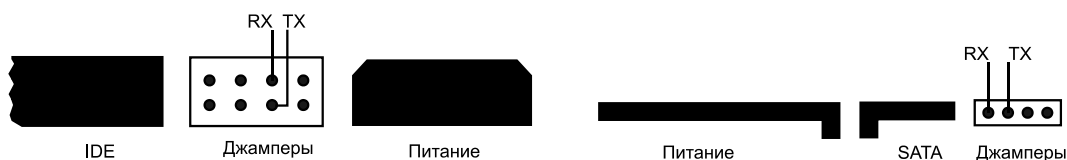


Рис. 7.27. Выводы служебного интерфейса на винчестерах Seagate

Одна из схем адаптера-программатора для самостоятельной сборки приведена на рис. 5.3. Схема служит исключительно для согласования напряжений COM-порта компьютера с напряжениями уровней TTL (0/5 В), с которыми работает последовательный порт винчестера. Адаптеры для подключения к служебному интерфейсу входят и в состав программно-аппаратных комплексов, например, PC-3000 или BVG HDD Repair Tool.

Команды подаются, и ответы на них принимаются с помощью программы — эмулятора терминала. В качестве такого эмулятора могут использоваться стандартная утилита Windows XP HyperTerminal, PuTTY (www.putty.org), ZOC Terminal Emulator (www.emtec.com) и другие подобные приложения. Очень удобной является программа DACIO RS232 Terminal (www.tronisoft.com), разработанная специально для работы с конвертером RS232–TTL. Кстати, английская компания Tronisoft выпускает целый ряд готовых адаптеров, а также очень интересные кабели USB–TTL. Такой кабель комплектуется драйвером и работает как виртуальный COM-порт с подключенным к нему преобразователем сигнала TTL.

Способ настройки зависит от конкретной программы. В любом случае, эмулятору терминала необходимо задать такие параметры связи:

- ☐ Биты данных: 8;
- ☐ Четность: Нет (None);
- ☐ Стопové биты: 1;
- ☐ Управление потоком: Нет (Off);
- ☐ Тип соединения: Последовательный порт (Serial).

Скорость соединения зависит от модели накопителя, а также качества самого адаптера. С увеличением скорости обмена возрастает вероятность ошибок и сбоев. По умолчанию принята скорость 9600 бит/с.

Чтобы начать работу:

1. При выключенном компьютере присоедините адаптер к винчестеру. Кабели питания и IDE или SATA пока подключать не нужно.
2. Включите питание компьютера. После загрузки ОС запустите терминальную программу.
3. Установите соединение с COM-портом. Программа HyperTerminal устанавливает подключение при запуске, предлагая выбрать параметры подключения. В других программах следует задать параметры связи, а затем нажать кнопку подключения или выбрать соответствующий пункт меню.
4. Присоедините разъем питания к винчестеру. Жесткий диск запустится, и в окне терминала появится первое его сообщение (рис. 7.28).

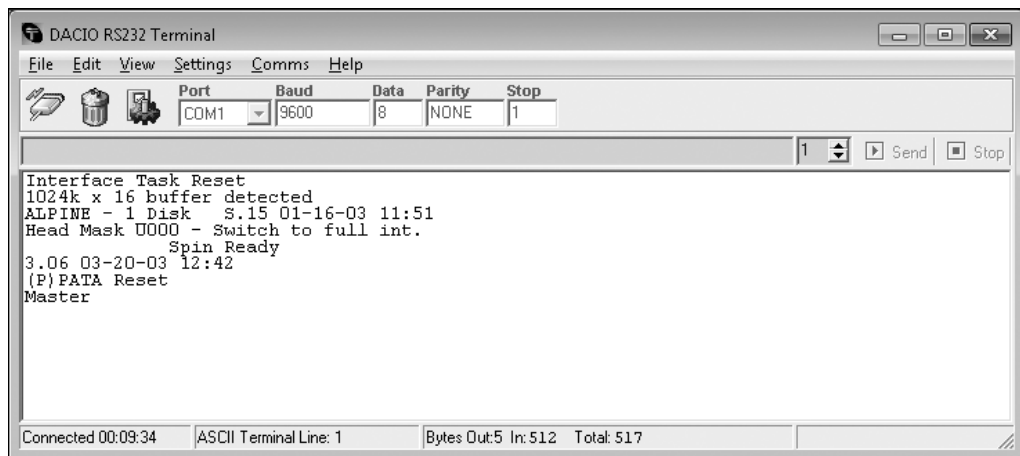


Рис. 7.28. Отклик винчестера в окне терминала

В данном случае винчестер выдает сообщения о процедурах старта. Попробуем расшифровать эти строки:

- ❑ **Interface Task Reset** — выполнен общий сброс;
- ❑ **1024k x 16 buffer detected** — определен объем микросхемы оперативной памяти;
- ❑ **ALPINE** — семейство накопителя;
- ❑ **1 Disk** — количество пластин;
- ❑ **S.15 01-16-03 11:51** — версия части микропрограммы, хранящейся в ПЗУ;
- ❑ **Head Mask 0000 – Switch to full int** — переход к считыванию микропрограммы с диска;
- ❑ **Spin Ready** — раскрутка шпинделя выполнена;

- **3.06 03–20–03 12:42** — версия части микропрограммы, хранящейся в служебной области диска;
- **(P)PATA Reset** — сброс внешнего интерфейса (IDE);
- **Master** — интерфейс IDE переведен в режим Master.

Таким образом, винчестер выходит в штатный режим и в служебный интерфейс выдает только сообщения о своем текущем состоянии. В рабочем режиме диск способен воспринимать только несколько команд, получаемых через служебный интерфейс. Чтобы заставить диск обмениваться данными с терминалом, необходимо перевести его на один из уровней технологического диалогового режима.

Для этого необходимо одновременно нажать клавиши <Ctrl> и <z>. Далее такая комбинация будет обозначаться как ^z, как это принято во всех описаниях терминальных команд. При работе в терминале регистр символов имеет значение, т. е. заглавным и строчным буквам соответствуют разные коды ASCII.

В ответ на команду ^z винчестер должен выдать в терминал сообщение примерно следующего содержания:

```
Age=50 Type=21 MxCyl=16358 MxHd=1 MxSct=44C BSz=0000 TCode=0000
Cmd Cyl Hd Set Cnt Stbuf Segl Csct Cbuf Actv Ercd Rtry Flags
44 00000 0D 0B00 0000 E800 EO 0007 OFFE N 00 9F75.2F.40 00
T>
```

Так выглядит стандартное сообщение о статусе дисков Seagate. Диск сообщает номер обрабатываемой в настоящий момент подпрограммы (**Age**) и сведения о своей геометрии. Подпрограмма **50** — обычная работа через штатный интерфейс.

В конце сообщения выводится приглашение **T>**. Оно свидетельствует о том, что диск готов к диалогу и перешел в технологический режим уровня T. Этот уровень является в основном диагностическим (T буквально означает Test). В ответ на команды, вводимые на этом уровне, диск только выполняет различные тесты и выдает сообщения об их прохождении.

Всего, в зависимости от серии, в накопителях Seagate предусмотрено от 10 до 14 технологических уровней (режимов). На каждом из уровней действуют свои команды. Точнее, одни и те же команды, введенные с клавиатуры, интерпретируются по-разному в зависимости от того, на каком уровне сейчас работает диск.

ВНИМАНИЕ!

Некоторые команды, выполняемые в режимах, отличных от уровня T, могут вызвать катастрофические последствия, наподобие стирания частей микропрограммы или сервометок. Поэтому экспериментировать с терминалом следует крайне осторожно. Относительно безопасен только уровень T!

Обзор технологических команд Seagate

Для нас наибольшее практическое значение имеет уровень T — так называемый *тестовый*, или диагностический, уровень. На нем можно записывать и считывать

служебную информацию, производить процедуры тестирования диска и т. п. Переход на уровень Т из штатного режима осуществляется командой ^z.

Для выхода с уровня Т в штатный рабочий режим необходимо выключить и включить питание винчестера (сделать его аппаратную перезагрузку).

Для перехода с уровня на уровень служит команда /<номер уровня>, а для перехода с любого уровня на уровень Т — просто косая черта (/).

Относительно подробные сведения об уровнях и выполняемых на них командах можно найти в Интернете. В том числе, они изложены в выдержках из документации к комплексам ACELab и BVG Group — эти документы есть в свободном доступе. Один перечень команд занимает десятки страниц, поэтому перечислим лишь назначение технологических уровней:

- ❑ Уровень 1 предназначен для работы с памятью винчестера. На нем просматривается и изменяется содержимое оперативной памяти, а так же подгружаются в память оверлеи, связанные с самотестированием накопителя.
- ❑ Уровень 2 служит для непосредственного чтения и записи секторов на диске. На этом уровне доступна работа с таблицей дефектов и таблицей испорченных сервометок.
- ❑ Уровни 3 и 4 предназначены для диагностики системы позиционирования.
- ❑ Уровень 5 позволяет составлять и запускать batch-файлы с заданиями пакетного тестирования.
- ❑ Уровень 6 служит для работы с адаптивами.
- ❑ Уровень 7 предназначен для тестирования канала чтения накопителя и настройки его адаптивов.
- ❑ Уровень 8 предназначен для исполнения пакетных команд записи и тестов сервоазметки и БМГ.
- ❑ Уровень 9 нужен для подготовки и настройки накопителя перед его обработкой на аппаратуре записи сервометок (Servowriter).
- ❑ Уровень А предназначен для тестирования (чтение/запись) накопителя по логическим параметрам (LBA) при подключенном трансляторе, когда все дефекты скрыты.
- ❑ Уровень С служит для задания критериев тестирования в режиме самодиагностики накопителя.
- ❑ Уровень D является отладочным и используется при тестировании новых прошивок.
- ❑ Уровень E предназначен для работы с зонной таблицей накопителя и задания параметров форматирования.
- ❑ Уровень F — сокращенный набор команд для работы со стартовым кодом накопителя, находящимся в его ПЗУ.

Разобраться во всех технологических командах непросто. Однако на практике это и не всегда нужно. Многие операции на «глубоких» уровнях ведут к утрате пользовательской информации. Они полезны при «ремонте ради ремонта», а при

восстановлении данных неприемлемы. Некоторые приемы, к которым прибегают чаще всего, подробно расписаны на тематических форумах, и наша задача — всего лишь объяснить их смысл.

Обычный формат терминальной команды — буква, за которой следуют один или несколько параметров. Параметры могут разделяться запятыми. Ввод команды завершается нажатием клавиши <Enter>.

Тестирование головок на предмет наличия или отсутствия, а также исправности производится на уровне 2 командой `н`. Например, чтобы выяснить реальное число головок, перейдите на уровень 2 (/2). Затем введите команду `н` с параметром, обозначающим номер головки. Получив ответ диска, повторите команду, увеличив номер головки на единицу, и т. д. На такую последовательность команд винчестер с двумя головками должен отвечать следующим образом:

```
T>/2
2>н1
Head 0
2>н2
Head 1
2>н3
Head 1
2>
```

Из этого следует, что у диска 2 физические головки (Head 0 и Head 1). При запросе следующей, третьей, головки диск вернул номер последней реально существующей головки. В результате выполнения последних двух команд была выбрана последняя (вторая) головка.

Пока вы остаетесь на уровне 2, последующие команды уровня будут относиться к ней. Например, введите команду `р`. Введенная без параметров, эта команда запускает чтение всех секторов нулевой дорожки. При успешном чтении винчестер выдаст в терминал содержимое секторов в шестнадцатеричном формате, в противном же случае вернет двухбайтовый код ошибки, например, **AutoRd Err 4A**. По ответу можно с большой достоверностью судить об исправности проверяемой головки.

Снятие блокировки с винчестеров Seagate

Для жестких дисков Seagate Barracuda популярных серий 7200.11 и ES.2 характерна неисправность, которую по-английски обозначают как BSY error, а российские ремонтники чаще называют «муха цеце». Заблокировавшийся диск не определяется в BIOS, а при попытке обратиться к нему через программы MHDD или Victoria постоянно выдает флаг BUSY.

Такое странное название связано с тем, что при опросе в терминале выдается сообщение вида **LED: 000000CC FAddr: 0024A7E5**. Сообщение появляется не сразу, а примерно в течение минуты. В любом случае, код первой части сообщения заканчивается символами **CC**.

Причина кроется в недочете, допущенном в ряде версий микропрограммы. Существование его признано разработчиками, и на официальном сайте Seagate пред-

лагается обновить прошивку винчестеров, подверженных такому дефекту. Список проблемных версий, нуждающихся в обновлении, приведен на сайте, при этом необходимость смены прошивки дополнительно уточняется по серийному номеру изделия. Программа SeaTools обязательно проводит проверку на необходимость смены прошивки и выдает соответствующие рекомендации.

Если разобраться глубже, микропрограмма просто реагирует на то, что число дефектных секторов превысило определенный предел. Блокировкой она пытается спасти диск от дальнейшей деградации. Смена прошивки всего лишь исключает возможность срабатывания защиты, но изначальную проблему (появление большого количества bad-блоков) вовсе не устраняет. Когда авария уже произошла, к винчестеру обратиться невозможно ни через штатный интерфейс, ни через сервисный. Для извлечения данных сначала следует его разблокировать.

Смысл действий в том, что в момент запуска предотвращается считывание служебных дорожек. Один способ — физическое отключение двигателя. Другой — замыкание сигнальной цепи канала считывания. Винчестер включается с ошибкой, но открывает доступ к служебному интерфейсу. Восстанавливается контакт с двигателем или снимается замыкание линии чтения. По команде шпиндель корректно останавливается и раскручивается вновь. Далее винчестеру дается команда на обнуление SMART, а затем на проверку и исправление секторов служебной зоны. Происходит пересчет, и блокировка снимается.

Подготовка к снятию блокировки на винчестерах разных ревизий отличается. На дисках серии 7200.11, название моделей которых оканчивается буквами AS, необходимо временно разомкнуть контакты, соединяющие плату электроники со шпиндельным двигателем, и запустить винчестер в таком состоянии.

1. Отверните винт, расположенный рядом с контактной группой. Осторожно оттяните плату и вложите кусочек пластика или плотной бумаги между контактами гермоблока и площадками на плате (рис. 7.29).
2. Подключите винчестер к терминалу и подайте на него питание.

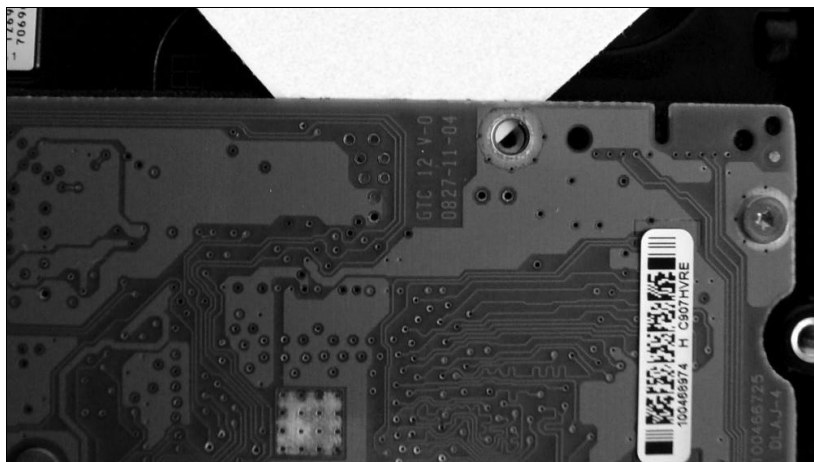


Рис. 7.29. Размыкание контактов

3. Введите в терминале команду `^z`. Через несколько секунд в окне терминала появится сообщение **Input command error**, а затем приглашение **T>**.
4. Введите команду перехода на уровень 2: `/2`.
5. Введите команду остановки шпинделя `z`. Винчестер должен выдать сообщение вида:

Spin Down Complete

Elapsed Time 0.147 msec

F3 2>

Винчестеры серии ES.2, название моделей которых оканчивается буквами NS, необходимо подключить к терминалу и подать на них питание. Винчестер запустится и выдаст в терминал сообщение вида **ED: 000000CC FAddr: 0024A7E5**.

После этого введите в терминале команду `^z`. На короткое время в окне терминала может появиться приглашение уровня T, которое вновь сменяется сообщением об ошибке, и так происходит циклически.

1. В тот момент, когда появилось приглашение **T>**, но до вывода сообщения об ошибке, замкните острым пинцетом контактные площадки на плате.

Выпускались три аппаратных ревизии плат, и расположение контактов на них различно. Цветные фотографии плат с указанием точек, которые необходимо замкнуть, приведены на странице <http://people.overclockers.ru/showman/record1>.

2. Замкнув точки, удерживайте пинцет на них.
3. Введите в терминале команду `^z`. Через несколько секунд в окне терминала появится сообщение **Input command error**, а затем приглашение **T>**.
4. Введите команду перехода на уровень 2: `/2`.
5. Введите команду остановки шпинделя `z`. Винчестер должен выдать сообщение вида:

Spin Down Complete

Elapsed Time 0.147 msec

F3 2>

Подождите около 10 секунд. Теперь на дисках серии 7200.11 следует восстановить контакт — вытащить изолятор из-под платы. Возможно, стоит даже закрутить на место отвернутый ранее винт. На дисках ES.2 уберите пинцет, замыкавший точки на плате. Последующие операции выполняются одинаково на дисках обеих серий.

1. Вновь введите в терминале команду `^z`. Появится приглашение уровня T.
2. Введите команду перехода на уровень 2: `/2`.
3. Введите команду раскрутки шпинделя `u`. Винчестер в ответ выдаст сообщение о раскрутке шпинделя, например:

Spin Up Complete

Elapsed Time 5.115 sec

4. Введите команду перехода на уровень 1: /1.
5. Запустите на уровне 1 очистку таблиц SMART: n1.
6. Перейдите на уровень T: /T.
7. Отсоедините питание винчестера. Подождите примерно 20 секунд, пока шпиндель остановится.
8. Подсоедините разъем питания вновь. Произойдет раскрутка шпинделя.
9. Введите в терминале команду ^z. Появится приглашение уровня T.
10. Введите команду очистки таблицы дефектов (G-List): i4,1,22.

В принципе очистка G-List не является обязательной, и при первой попытке восстановления этот шаг можно пропустить. Возможно, после сброса таблицы дефектов на диске появится большое количество bad-секторов, которые до этого были «спрятаны». Однако очистка призвана предотвратить возможные проблемы при последующей проверке и обработке служебной области. Поэтому провести ее все же рекомендуется.

11. Введите команду исправления служебной области: m0,2,2,,,,,22.

Команда m на уровне T обладает множеством параметров. В документации набор ее аргументов описывается следующим образом:

```
m[Partition],[FormatOpts],[DefectListOpts],[MaxWrRetryCnt],[MaxRdRetryCnt],
[MaxEccTLevel],[MaxCertifyTrkRewrites],[ValidKey]
```

Аргументы обязательно разделяются запятыми. Если значение аргумента опущено или равно нулю, используется значение по умолчанию. Последний аргумент всегда должен иметь значение 22. Это проверочное число (ValidKey), подтверждающее, что пользователь сам понимает, что вводит ☺.

Операция выполняется от нескольких секунд до нескольких минут. Затем в терминале появляется сообщение примерно такого вида:

Max Wr Retries = 00, Max Rd Retries = 00, Max ECC T-Level = 14, Max Certify Rewrite Retries = 00C8

User Partition Format 5% complete, Zone 00, Pass 00, LBA 00004339, ErrCode 00000080, Elapsed Time 0 mins 05 secs

User Partition Format Successful — Elapsed Time 0 mins 15 secs

Последняя строка указывает, что восстановление служебной области прошло успешно. Слово **Partition** в данном случае не имеет отношения к разделам, прописанным в MBR.

Теперь винчестер нужно выключить, присоединить к нему шлейф SATA и снова включить. Блокировка снята, и данные на диске вновь доступны. В лучшем случае их удастся просто скопировать на другой диск, в худшем — придется воспользоваться одной из утилит для снятия образа, а затем извлечь информацию из образа с помощью одной из утилит восстановления.

Сам винчестер после разблокировки, скорее всего, окажется практически исправным. Рекомендуется обновить его микропрограмму, как показано на сайте

Seagate, а затем выполнить полное тестирование поверхности средствами MHDD или «фирменной» утилиты SeaTools.

Исправление ошибки 0 LBA на винчестерах Seagate

Ошибка 0 LBA заключается в том, что жесткий диск определяется в BIOS как накопитель нулевого объема. Связано это со сбоем чтения некоторых секторов служебной области.

Решение проблемы очень похоже на только что описанное. Основная разница в том, что при этой ошибке диск все же инициализируется и сразу способен обмениваться данными в технологических режимах. Поэтому нет необходимости «обмениваться» накопитель, отключая двигатель или замыкая канал чтения.

1. Введите в терминале команду `^z`. Появится приглашение уровня T.
2. Введите команду исправления служебной области: `m0,2,2,,,,,22`.

Через некоторое время диск сообщит, что служебная область проверена и восстановлена. Сообщение должно выглядеть так же, как и в предыдущем примере:

Max Wr Retries = 00, Max Rd Retries = 00, Max ECC T-Level = 00, Max Certify Rewrite Retries = 0000

User Partition Format 5% complete, Zone 00, Pass 00, LBA 00008DED, ErrCode 00000080, Elapsed Time 0 mins 05 secs

User Partition Format Successful — Elapsed Time 0 mins 05 secs

После появления последней строки выждите для уверенности несколько секунд. Выключите компьютер, отключите провода от блока джамперов и подключите диск, как обычно.

Это всего лишь два примера использования терминала и технологических команд. На самом деле, терминал предоставляет очень широкие возможности. К ним относятся снятие парольной защиты накопителей, восстановление модулей прошивки и многое другое. Однако эти методики скорее относятся к области ремонта ради восстановления работоспособности и зачастую связаны с полным стиранием пользовательских данных. Подробнее об использовании технологических команд вы сможете узнать на специализированных форумах, например, hddguru.com, ihdd.ru, rom.by или forum.ru-board.com.

Дублирование проблемного диска

Следующий за получением доступа к диску этап — снятие образа или дублирование на другой носитель. Почему именно так? В принципе, если диск хоть как-то читается, можно работать с ним непосредственно и использовать любые утилиты восстановления. Однако есть две проблемы:

- попытки чтения дисков с физическими дефектами нередко вызывают зависание компьютера или сбой приложений, выполняющих чтение. Этим мы обязаны, в первую очередь, архитектуре Windows — система все-таки разрабатывалась для работы с исправными дисками;

- ❑ после паллиативного ремонта время работает против нас. Возможно, на чтение диска с аппаратными проблемами, перенесшего замену БМГ или расклинивание шпинделя, отведено всего несколько часов, а затем он придет уже в полную негодность. Разумно снять посекторный образ как можно быстрее, а потом уже спокойно его анализировать.

Создание образов и дублирование дисков

Несколько программ, позволяющих создавать образы дисков, мы уже рассмотрели в предыдущих главах. Процедура снятия образа средствами R-Studio или EasyRecovery удобна во всех отношениях, кроме одного. Обе программы иногда «спотыкаются» на физических дефектах, и таковы неизбежные издержки способа, которым приложения Windows обращаются к диску.

Программа MHDD лишена такого недостатка, но здесь в дело вступает ограничение системы FAT32 на максимальный размер файла. В принципе, несложно сначала «нарезать» образ на файлы размером 2 Гбайт, а затем собрать его воедино уже на диске с файловой системой NTFS. Однако это дополнительные операции и двойная потребность в дисковом пространстве, чего хотелось бы избежать.

Заметим, что все рассмотренные ранее программы с равным успехом работают с любыми блочными устройствами, независимо от их аппаратного типа. Программам R-Studio или EasyRecovery абсолютно безразлично, образ какого носителя создавать: флеш-диска, SSD, жесткого диска или даже массива RAID, если он корректно обрабатывается на уровне RAID-контроллера. Так что один вариант действий в нашем арсенале уже есть!

Далее мы рассмотрим программы, специфичные для работы с жесткими дисками. Они используют метод посекторного дублирования. Для него нужен второй физический диск с таким же размером сектора, как и у дублируемого. Емкость диска должна быть такой же или большей. Впрочем, если размер целевого диска окажется меньшим, на него все равно удастся скопировать часть секторов. Зачастую достаточно и этого — ведь большая часть данных расположена, как правило, ближе к началу диска.

HD Duplicator

Программа HD Duplicator от Алексея Васильева (www.copysrsoft.com) предназначена для посекторного копирования жестких дисков IDE и SATA. Гибкие настройки позволяют успешно вычитывать диски с довольно серьезными физическими дефектами.

Дистрибутив программы: ISO-образ загрузочной дискеты и простая утилита для ее записи. Создайте такую дискету. Подключите жесткий диск, с которого предстоит скопировать информацию, и чистый винчестер, который послужит носителем копии. Загрузите компьютер с созданной дискеты.

Клавишами со стрелками выберите восстанавливаемый диск. Нажмите клавишу <Enter>. В верхней части экрана появится сообщение о том, что диск указан в качестве исходного.

Клавишами со стрелками выберите диск, на который будет производиться копирование. Опять нажмите клавишу <Enter>. Диск будет задан в качестве результирующего (рис. 7.30).

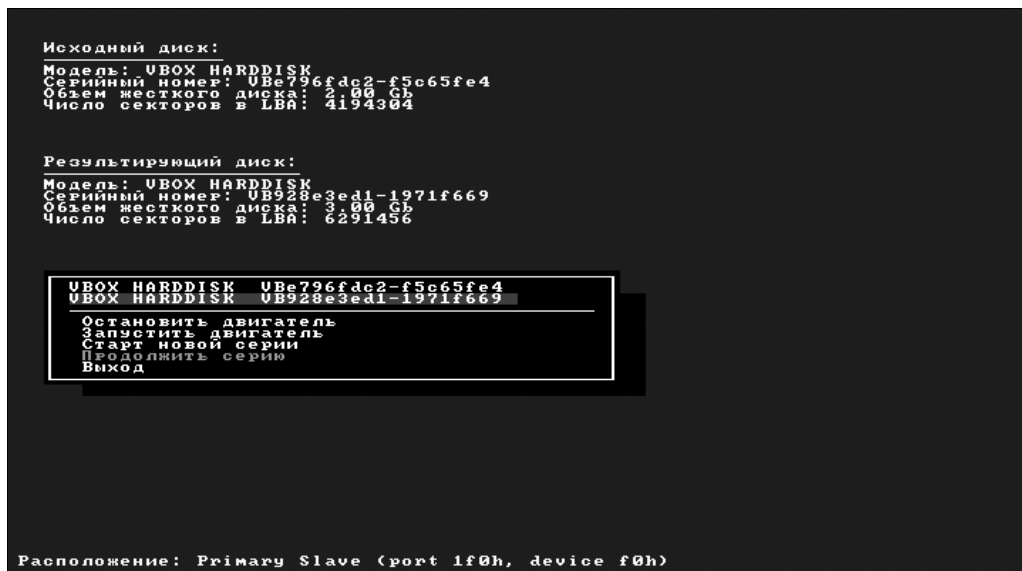


Рис. 7.30. Программа HD Duplicator: выбор дисков и задач

После выбора диска вы можете с помощью меню программы подавать ему ATA-команды на остановку и раскрутку шпинделя. Однако к ним обычно прибегают при копировании в несколько этапов. Сейчас же достаточно выбрать пункт меню **Старт новой серии** и нажать клавишу <Enter>.

На следующем экране задаются настройки дублирования (рис. 7.31). Они собраны на пяти вкладках:

- ☐ **Копирование** — здесь задаются начальный и конечный секторы для считывания. В полной коммерческой версии доступны функции обратного чтения, когда секторы читаются начиная с последнего, и пропуск дефектов предыдущей сессии;
- ☐ **Команды чтения** — по умолчанию попытки чтения дефектных секторов повторяются, считывание ведется в режиме UltraDMA, а в режим PIO программа переходит только на неустойчиво читаемых секторах;
- ☐ **Обработка** — в коммерческой версии программы на этой вкладке можно задать число попыток чтения дефектных блоков и включить режим «прыжка», при котором HD Duplicator пропускает указанное число секторов вслед за первым дефектным. Когда дефекты поверхности идут группами, «прыжки» позволяют заметно ускорить чтение и избежать зависаний на дефектах;
- ☐ **Тайм-ауты** — здесь задаются продолжительность вычитывания сектора при возникновении ошибки, а также задержка ожидания готовности диска;
- ☐ **Файлы** — в этом меню выбираются параметры сохранения таблицы дефектов.

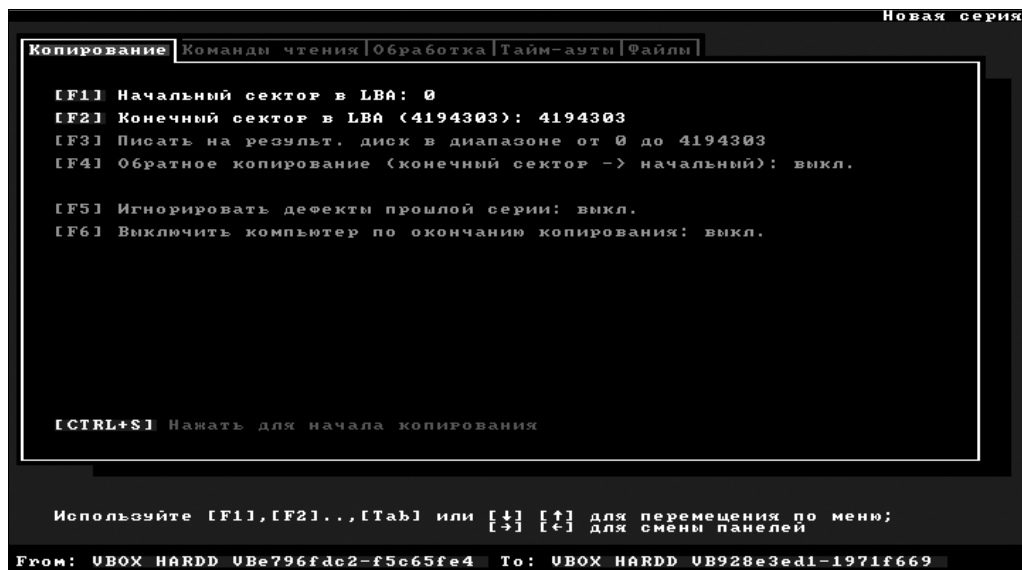


Рис. 7.31. Выбор опций дублирования

Чтобы начать дублирование, нажмите сочетание клавиш <Ctrl>+<S>. В процессе копирования на экран выводится карта секторов (рис. 7.32). На ней разными цветами отображаются скопированные блоки, блоки с ошибками и те, которые скопировать не удалось.

Когда копирование завершено, для возврата в меню нажмите любую клавишу. Из главного меню программы вы можете вновь подать команды на останов и раскрутку шпинделя, запустить копирование повторно.

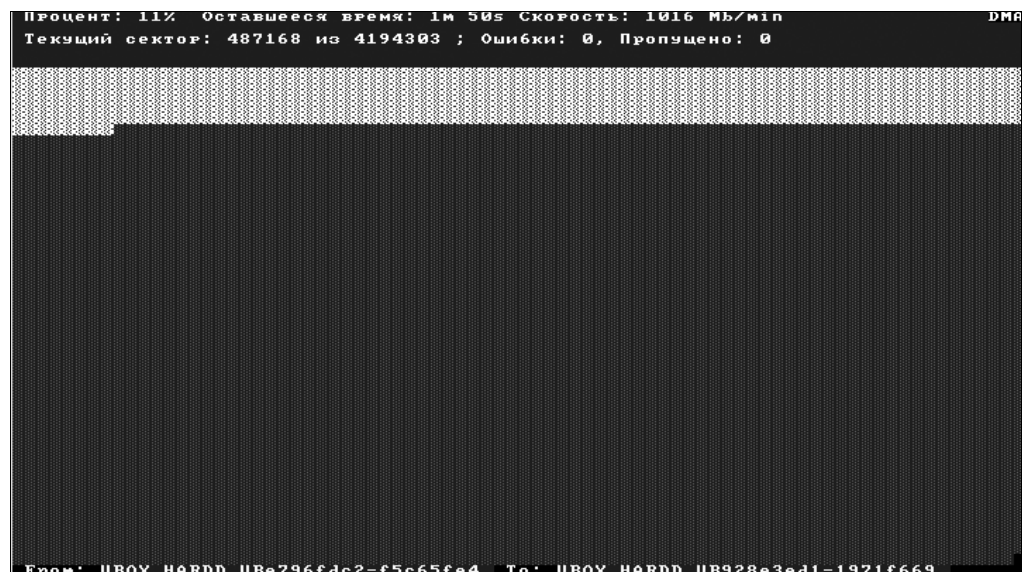


Рис. 7.32. Процесс дублирования

Очень полезна функция продолжения (она доступна в полной коммерческой версии). Возможно, вы столкнетесь с такой неприятной ситуацией, когда диск «намертво» зависает при чтении дефектных секторов. Для обхода проблемы автор программы предлагает ряд приемов.

- ❑ Если нечитаемые секторы следуют группами, задайте в настройках программы режим «прыжка» и укажите длину прыжка примерно равную или чуть большую, чем длина группы дефектных секторов. В результате HD Duplicator будет «перепрыгивать» всю группу дефектных блоков, не тратя время на попытки их чтения.
- ❑ Когда программа «натывается» на дефектный участок, вызывающий отказ жесткого диска, попробуйте остановить и вновь запустить шпиндель командами главного меню. Более жесткий вариант — отключение и повторное подключение шлейфа питания (так называемое «передергивание питания»).
- ❑ Если же при чтении компьютер или только дублируемый диск полностью зависают, и винчестер не удастся «оживить» даже отключением и включением питания, попробуйте считывать информацию порциями. В первый раз копируются блоки от начала диска и до того блока, чтение которого привело к зависанию. Для этого в главном меню программы укажите номер конечного сектора (пункт **Конечный сектор** или клавиша <F2>), на единицу меньше проблемного. Дублируйте начало диска, а затем в главном меню выберите пункт **Продолжить серию**. Вторым этапом скопируйте секторы, следующие от проблемной области до конца диска или до очередного участка, вызывающего сбой.
- ❑ Наконец, вспомним о приеме, известном как Hot Swap, или «горячая замена». Он заключается в том, что вместо проблемного диска к компьютеру сначала подключается *идентичный* по объему, аппаратной ревизии и версии микропрограммы, но полностью исправный винчестер. Когда пройдет его инициализация, и в память привода будут считаны модули из служебной области, плату представляют на проблемный гермоблок, не отключая при этом питание.

Операция рискованная, но часто она дает отличный эффект! Во всяком случае, «горячая замена» обычно позволяет «победить» винчестеры с разрушенными или основательно испорченными служебными дорожками. Ясно, что подмененный гермоблок будет читаться с «чужими» транслятором и таблицей дефектов, которые останутся в оперативной памяти платы электроники. Из-за этого логическую структуру восстановить, возможно, и не удастся, однако извлечению небольших файлов по их сигнатурам сдвиг трансляции не мешает.

Таким образом, HD Duplicator является весьма эффективным инструментом. Эта программа позволяет скопировать диски, образы которых иным способом создать проблематично.

Miray HDClone

Другой известный дубликатор дисков — HDClone от компании Miray Software (www.miray.de). Разработчики позиционируют эту программу как многоцелевую. Среди типичных задач: перенос содержимого диска методами «диск на диск» и

«раздел на раздел» при его замене на новый, резервное копирование, клонирование винчестеров при серийной сборке компьютеров. Так что дублирование носителей при восстановлении данных — лишь одно из возможных применений.

Программа существует в виде приложения Windows и как автономная версия — загрузочный диск. Последним и желательно пользоваться при клонировании винчестеров ради восстановления информации. В полный дистрибутив входят образ компакт-диска в формате ISO и образ дискеты (файл IMG).

Сразу после загрузки предлагается выбрать метод копирования. Просто выберите щелчком мыши, что на что копировать (рис. 7.33). Всего возможны восемь комбинаций. Из них для наших целей лучше всего подходит вариант **Drive** → **Drive** (диск на диск). Возможно и копирование физического диска в файл образа (**Image**) — в зависимости от настроек, он может быть сжатым (compressed) и несжатым (uncompressed). Несжатый побайтовый образ впоследствии сумеют открыть различные программы восстановления данных.



Рис. 7.33. Программа Miray HDClone: выбор метода копирования

Нажмите кнопку **Next** (Далее). Программа предложит выбрать исходный (**Source**), а затем целевой (**Target**) диски (рис. 7.34). Если было решено копировать диск в файл образа, то в качестве цели вы должны задать файл, который будет создан на другом физическом диске.

На четвертом шаге мастера HDClone (рис. 7.35) задаются настройки копирования. Среди основных опций необходимо снять флажок **SmartCopy**. Когда он снят,

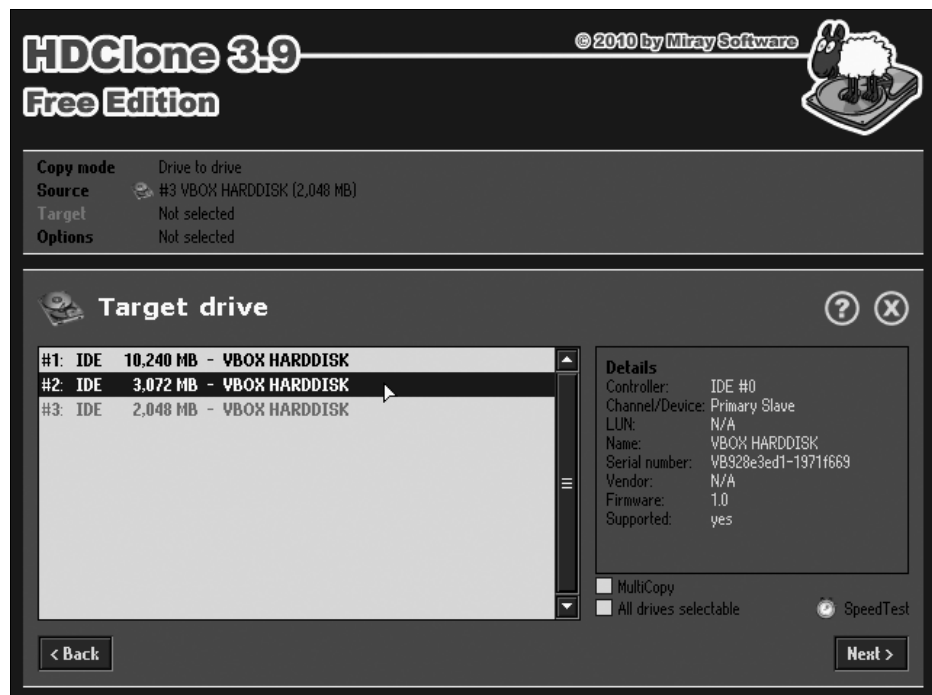


Рис. 7.34. Выбор источника и целевого диска

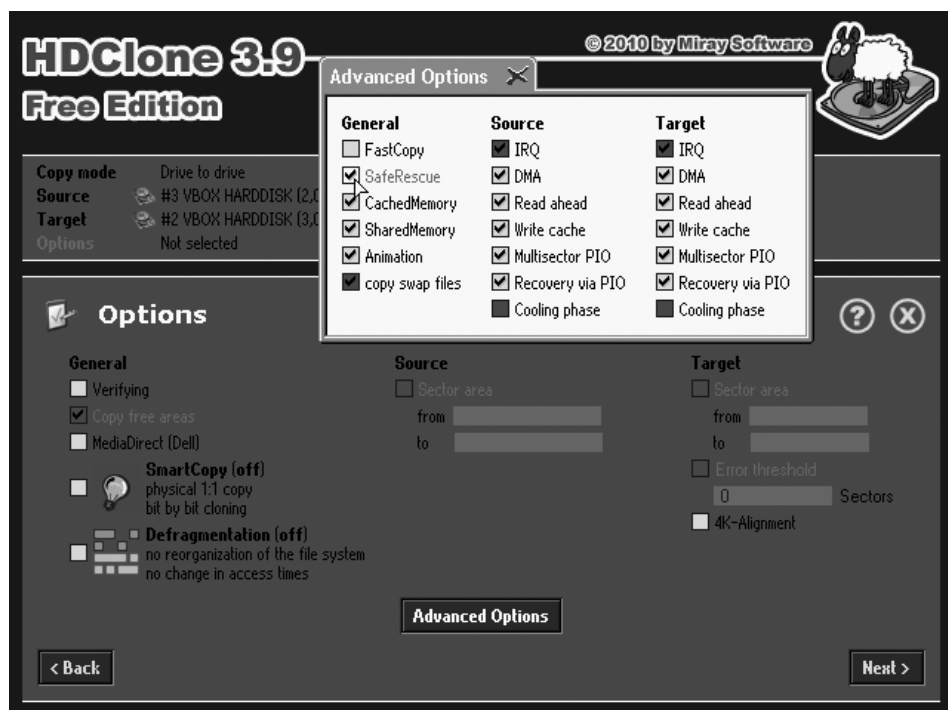


Рис. 7.35. Настройки копирования

программа выполняет точное побайтовое копирование (**physical 1:1 copy bit by bit cloning**), включая незанятое место и секторы с ошибками — то, что нам и требуется. При установленном флажке происходит копирование с учетом логической структуры диска. При обработке диска, содержащего серьезные ошибки, такой режим копирования ведет к потере части информации.

Для просмотра всех настроек нажмите кнопку **Advanced Options** (Расширенные настройки). В отдельном окне откроются остальные элементы управления (см. рис. 7.35).

Среди них особый интерес представляет флажок **SafeRescue** (Безопасное восстановление). При включении этой функции сначала происходит быстрое клонирование всех полностью исправных секторов. Затем программа выполняет второй проход и пытается скопировать содержимое блоков, при первом чтении которых возникали проблемы.

В результате сначала копируется то, что будет восстановлено с наибольшей вероятностью. Лишь потом начинается работа с блоками, при попытках чтения которых растет риск окончательно «добить» клонируемый диск.

Целесообразно установить и флажки **Recovery via PIO** (по умолчанию они установлены для обоих дисков). В этом случае «беспроблемные» секторы будут быстро копироваться в режиме UltraDMA, а при чтении дефектных участков программа, при необходимости, станет использовать менее скоростной режим PIO.

Когда клонирование завершается, программа выводит несколько диалогов. В них предлагается выровнять границы разделов и откорректировать главную загрузочную запись, если геометрия исходного и целевого диска различаются. Во всех случаях нажмите кнопки **No Changes** (Без изменений) — при восстановлении нам важнее получить идентичную посекторную копию. Пусть анализом и исправлением несоответствий займется уже программа, с помощью которой вы будете извлекать данные из копии. Скорее всего, специализированная программа вроде R-Studio с подобной задачей справится успешнее!

«Контрольная сумма»

Начали обсуждение мы с того, как получить доступ к содержимому неисправного или не совсем исправного жесткого диска. Задача это всякий раз нетривиальная!

Диагностика винчестера осуществляется всеми доступными методами. В результате у вас должно сложиться более или менее обоснованное мнение о том, что препятствует выходу диска в готовность и считыванию данных.

Уязвимым местом винчестера являются контактные группы, а восстановление контакта осуществляется очень просто. Если проблема локализована в плате электроники, плату можно заменить на идентичную, а иногда и аналогичную. Возможно, на новую плату потребуется перепаять «родную» микросхему флеш-памяти, хранящую часть микропрограммы. Альтернатива — элементный ремонт оригинальной платы. В случае повреждения цепей питания или контактов это оказывается наиболее простым решением.

Проблемы чтения могут возникать из-за значительного механического износа компонентов гермоблока. В некоторых случаях помогают такие простые приемы, как охлаждение и подбор положения корпуса при запуске диска и считывании.

Повреждение или залипание магнитных головок, неисправность предусилителя коммутатора устраняются путем вскрытия гермоблока и замены БМГ. Другая частая задача — освобождение заклинившего шпинделя. Обе процедуры требуют оборудования и, главное, соответствующих навыков.

Ряд проблем, связанных с ошибками микропрограммы, решаются с помощью технологических команд. Они передаются винчестеру через последовательный интерфейс. Наилучшие возможности предоставляют аппаратно-программные комплексы (не последнюю роль в этом играет документация и поддержка разработчиками). Однако простой самодельный адаптер и обычная терминальная программа тоже позволяют сделать многое.

Как можно быстрее и бережнее с проблемного диска нужно снять посекторную (побайтовую) копию. Один вариант — считывание содержимого в файл-образ, другой — дублирование диска на другой физический диск.

Что делать дальше с образом или дубликатом диска, вы уже знаете. Процедурам воссоздания логической структуры диска и поиска отдельных файлов были посвящены предыдущие главы.

ГЛАВА 8



Восстановление данных с массивов RAID

Дисковые массивы, кроме RAID 0 и JBOD, создаются ради более надежного хранения данных. Со своей задачей массивы уровней 1, 5 или 10 обычно справляются. При выходе из строя одного из винчестеров пользователь заменяет его исправным. На замененном диске информация воссоздается за счет ее избыточности в массиве: либо просто копируется с зеркала (RAID 1, RAID 10), либо вычисляется заново по контрольным суммам и оставшимся чередующимся блокам (RAID 5).

Делается это с помощью микропрограммы контроллера, которая выводит свой меню во время загрузки компьютера (см. рис. 3.8, 3.9), или средствами драйвера и утилит обслуживания массива уже после загрузки Windows. Штатное восстановление RAID считается обычной пользовательской операцией, такой же, как дефрагментация или проверка и исправление логических ошибок диска.

Массивы уровня 0 или JBOD не являются избыточными, и для них процедура восстановления не предусмотрена. Любая утрата данных на любом из их дисков является критической и приводит к потере данных в массиве. Тем не менее, даже с отказоустойчивыми массивами иногда происходят аварии.

Повреждение и разрушение массива

Ситуация, когда в содержимом массива, как едином целом, происходят логические ошибки, ничем не отличается от таковых ошибок на одиночном диске. Массив цел, с ним система продолжает работать корректно. При этом на диске, которым массив представляется системе, «слетает», например, таблица разделов или файловая система.

На самом же уровне RAID-массива возможны еще два события. Они уже являются специфичными для массивов. Различить эти две ситуации помогают сообщения, выдаваемые контроллером в процессе начальной загрузки компьютера либо после запуска операционной системы Windows, а также оснастка **Управление дисками** в консоли **Управление компьютером**.

Повреждение массива

Повреждение массива характеризуется возникновением физических или логических ошибок на одном или нескольких дисках, входящих в его состав. При этом контроллер корректно работает с дисками, образующими RAID, однако регулярно выдает сообщения об ошибках дисков. В этом случае RAID-массив продолжает оставаться для операционной системы единым диском, хоть на нем и возникли те или иные ошибки. Иногда может он представляться и неформатированным.

Физические или логические проблемы с одним из дисков в массиве уровня 1 или 5 можно рассматривать как штатное событие — массив для того и создавался, чтобы сохранить данные при аварии одного из дисков. RAID-контроллер почти всегда правильно распознает такую ситуацию в процессе инициализации массива, выводит соответствующее сообщение и предлагает заменить неисправный диск. После замены винчестера и запуска компьютера контроллер предлагает включить новый винчестер в массив и воссоздать его содержимое с остальных дисков массива (Rebuild Array).

Если в процессе загрузки вы откажетесь от исправления ошибки, то впоследствии сможете сделать то же самое из среды Windows. Функции воссоздания массива заложены в драйверы RAID и сопровождающие их утилиты, например, Intel Rapid. В результате и физическая, и логическая целостность массива почти обязательно восстанавливаются.

ПРИМЕЧАНИЕ

При воссоздании RAID 1 на дисках IDE может появиться опасная ловушка. Некоторые контроллеры, например Promise FastTrack100, всегда копируют данные с диска, подключенного как Master на диск, подключенный как Slave. Нетрудно догадаться, что может произойти при выходе из строя и замене диска, подключенного как Master, — данные, которые оставались на исправном диске, подключенном в качестве Slave, можно потерять безвозвратно.

Разрушение массива

Разрушение массива происходит, когда контроллер утрачивает сведения о конфигурации RAID. Винчестеры, составлявшие массив, видятся системой как отдельные самостоятельные диски, а некоторые из них могут вовсе не распознаваться. В оснастке **Управление дисками** они чаще всего отображаются неформатированными или как диски с неизвестной файловой системой (RAW).

Выход из строя RAID-контроллера однозначно ведет к разрушению массива. Подключение дисков к другому, даже идентичному, контроллеру и попытка инициализировать их далеко не всегда приводят к успеху. Тем более найти точно такой же контроллер, выпущенный несколько лет назад, бывает проблематично. Поэтому в большинстве случаев разумной тактикой становится извлечение данных из разрушенного массива программными методами.

Таким образом, потеря информации может произойти лишь при разрушении любого массива либо при повреждении массивов RAID 0 или JBOD. В избыточных массивах уровней 1, 5, 10 информация сохраняется по определению. Целостность

набора восстанавливается штатными средствами контроллера или драйвера при замене неисправного диска. Далее мы рассмотрим восстановление данных из разрушенного массива любого уровня или с дисков поврежденного массива RAID 0 либо JBOD.

ПРИМЕЧАНИЕ

В действительности, повреждение массива не исключает возможность его разрушения, и наоборот. Особенно тяжкими бывают последствия аварий по питанию, когда могут одновременно «вылететь» и материнская плата вместе с контроллером, и электроника винчестеров. Удары и падения работающего системного блока вполне могут привести к физическому повреждению всех дисков отказоустойчивого массива или появлению на них обширных дефектов поверхности. В таких случаях предстоит полный цикл восстановления: ремонт винчестеров, снятие образов и программная реконструкция массива с дальнейшим извлечением уцелевшей информации.

Методы восстановления RAID

Если при очередном включении компьютера диски RAID оказались недоступны, следует провести короткую и осторожную диагностику. Как уже говорилось, полезные сведения можно почерпнуть из сообщений RAID-контроллера в процессе его инициализации, а затем в оснастке **Управление дисками** консоли MMC.

Когда контроллер однозначно сообщает о неисправности одного из дисков и необходимости его замены, очевидное решение — заменить указанный винчестер и попробовать восстановить целостность массива штатными средствами. Это обычный подход системного администратора. Он вполне обоснован, если дело касается поврежденного массива уровней 1, 5 или 10. Однако в случае *разрушения* RAID подобная тактика вряд ли приведет к успеху.

Специалист по восстановлению данных посмотрит на проблему чуть иначе. Сначала он снимет образы дисков, входивших в массив, а потом эмулирует RAID программными средствами. Подобная тактика является наиболее правильной при разрушении массивов любого уровня, а при любых авариях RAID 0 или JBOD извлечь данные позволит только она.

Заниматься диагностикой и восстановлением данных на пострадавшем компьютере не рекомендуется. Если на поврежденный или разрушенный RAID-массив была установлена операционная система, загрузить компьютер просто не удастся. Возможное решение — подключить новый диск, установить на него ОС и все необходимые программы, а потом подключать обратно диски из массива и заниматься извлечением информации.

Ориентируясь по шлейфам и портам контроллера, пронумеруйте диски. Метки понадобятся при дальнейшем программном воссоздании массива. Подключайте винчестеры по одному к другому компьютеру, к обычному (не RAID) контроллеру.

Диагностика жестких дисков описана в предыдущей главе. Главное на этом этапе — определить аппаратную исправность и восстановить доступ к содержимому диска. В зависимости от результатов проверки могут потребоваться замена контроллера или манипуляции внутри гермоблока.

Желательно создать образ каждого диска и в дальнейшем работать только с ними. Делать это удобно теми же программами, которыми впоследствии будут извлекаться данные. Для сохранения образов двух или трех дисков может потребоваться винчестер большой емкости, хотя файлы образа, как правило, неплохо сжимаются.

Если по результатам проверки винчестеры оказались полностью исправными, можно и не создавать образы, а работать непосредственно с самими дисками. Применяемые программы не ведут запись на исходные диски, и при условии аппаратной исправности винчестеров такая практика оправдана.

Программы для работы с массивами

Программ, способных восстанавливать данные из RAID-массивов, не так много. Избыточные массивы отказоустойчивы — необходимость в их восстановлении возникает редко. Пользователи, которые хранят уникальные данные на RAID 0, должны осознавать, что такие массивы не предназначены для этой цели. Чаще на RAID 0 находится информация, не представляющая особой ценности: несжатые промежуточные заготовки для видеомонтажа, игры и т. п. Такие файлы бывает проще не восстанавливать, а скопировать с оригиналов заново.

Извлечение данных из массива происходит по тому же принципу, что и с любого одиночного носителя. Сначала программа просматривает записи файловой системы и находит объекты по ним. Углубленный поиск заключается в обнаружении на диске последовательностей, характерных для начала файлов определенных типов.

Особенность восстановления данных из RAID состоит в том, что программа должна работать одновременно с несколькими дисками или образами, составляя итоговую последовательность из блоков или полос (stripes), находящихся на разных дисках. Для программной реконструкции требуются сведения о конфигурации RAID:

- ☐ тип массива;
- ☐ число дисков в массиве;
- ☐ размер блока чередования (stripe);
- ☐ порядковый номер каждого диска внутри массива.

Первые два параметра обычно известны заранее и задаются перед началом обработки. Другие два, как правило, находят путем анализа содержимого дисков и перебора вариантов.

R-Studio и RAID

Программа R-Studio — универсальный инструмент извлечения информации с проблемных носителей. Она способна строить виртуальные массивы или наборы (Virtual Volume Sets) из физических дисков, разделов на них или файлов-образов. Эмулируются массивы уровней 0, 1, 3, 5. Последние версии программы способны воссоздавать даже малоупотребительные конфигурации, о которых мы только упоминали: RAID 4 и RAID 6.

1. Откройте предварительно созданные образы дисков, входивших в массив, командой меню **Drive | Open Image File** (Диск | Открыть файл образа). В результате в дерево дисков с пометками **Image** (Образ) добавятся смонтированные образы (рис. 8.1).

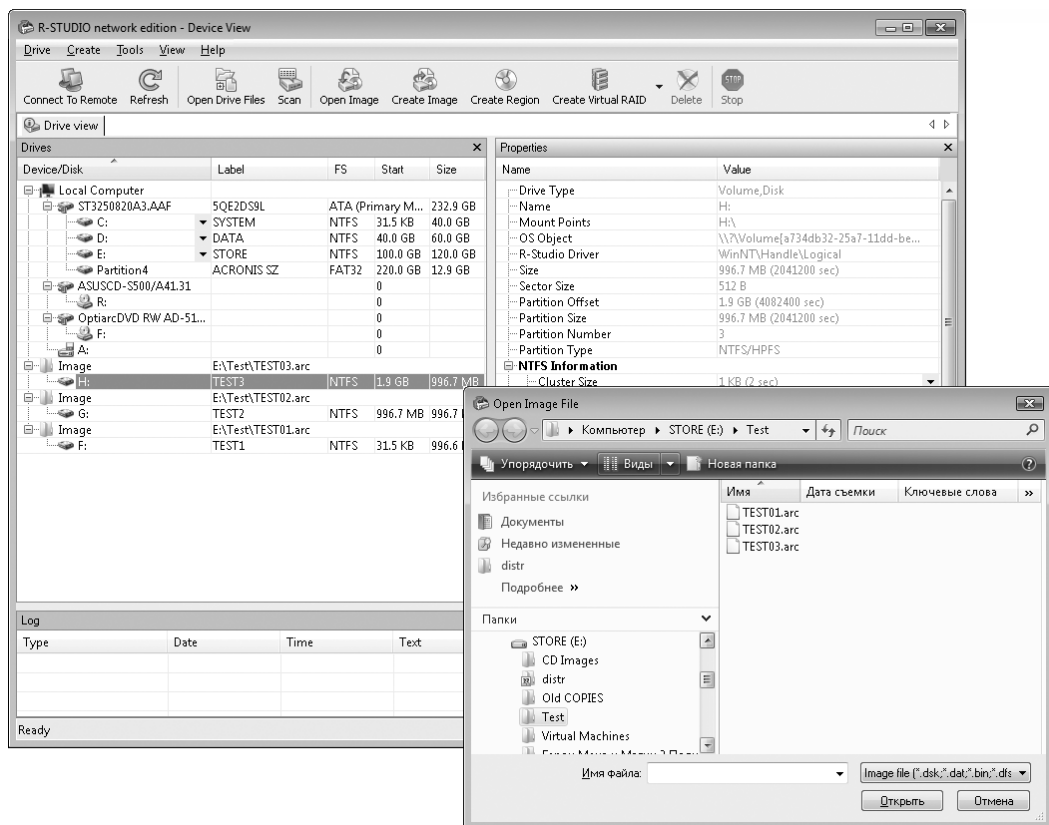


Рис. 8.1. Программа R-Studio: открытие образов дисков

ПРИМЕЧАНИЕ

Если работа ведется непосредственно с винчестерами, шаг 1 пропускается.

2. Создайте виртуальный массив того же типа, что и восстанавливаемый. Выберите один из пунктов меню **Create** (Создать):
 - **Create Virtual Volume Set** (Создать виртуальный набор динамических дисков или томов) — аналог программного массива;
 - **Create Virtual Mirror** (Создать виртуальный зеркальный массив) — RAID 1;
 - **Create Virtual Stripe Set** (Создать виртуальный массив с чередованием) — RAID 0;
 - **Create Virtual RAID 5** (Создать виртуальный массив RAID 5).

В дерево дисков добавится новый виртуальный массив, а при щелчке на нем кнопкой мыши в правой части окна появится панель этого виртуального набора. Панель состоит из двух вкладок:

- **Properties** (Свойства) — здесь приведены общие свойства всего массива;
- **Parents** (буквально, Родители) — на этой вкладке показываются диски, входящие в массив, и задаются параметры их объединения в набор. Вкладка **Parents** открыта по умолчанию, и работа в основном ведется на ней.

3. Перетащите мышью диски или открытые образы из дерева на вкладку **Parents** (Родители) панели виртуального набора (рис. 8.2).

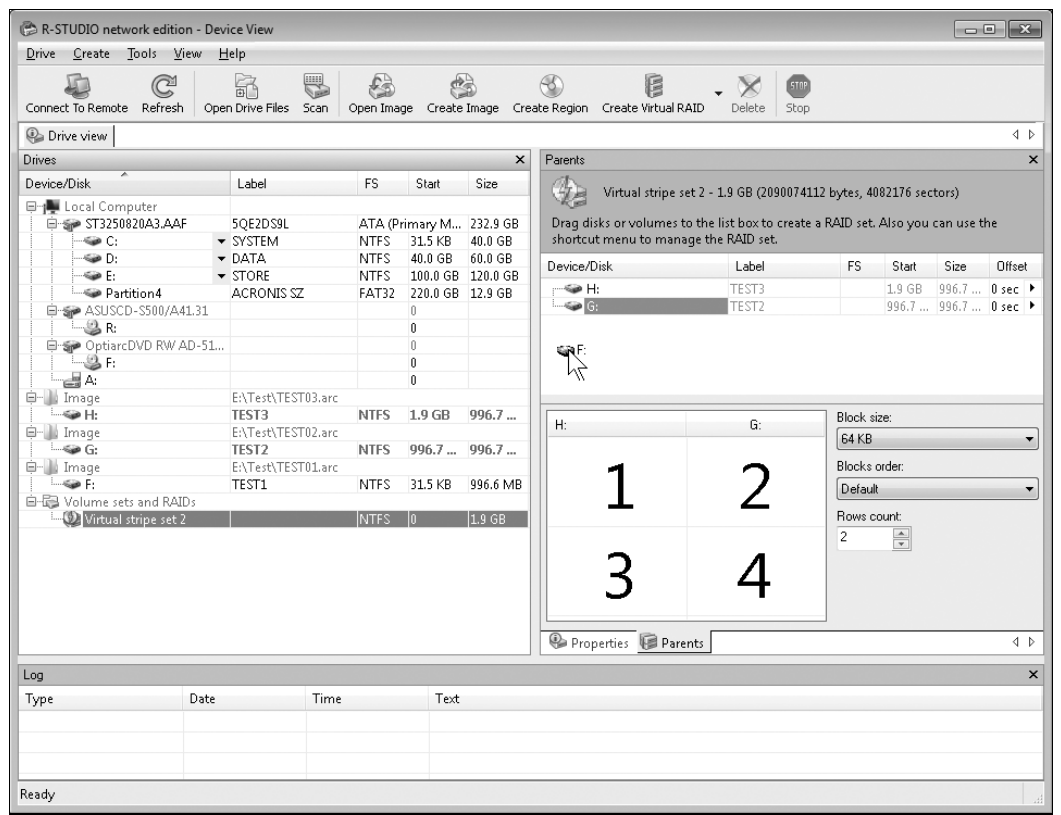


Рис. 8.2. Добавление дисков в виртуальный набор

4. Диаграмма в нижней части вкладки отображает порядок чередования блоков в виртуальном массиве. Справа от диаграммы задаются размер блока (раскрывающийся список **Block size**), порядок чередования (раскрывающийся список **Blocks order**) и число рядов при чередовании (счетчик **Rows count**). Как правило, значения по умолчанию (**Default**) подходят к параметрам большинства массивов — производители распространенных контроллеров придерживаются примерно одних и тех же правил. Чтобы изменить порядок чередования, расположите диски в нужной очередности, перетаскивая их мышью прямо в списке

дисков на вкладке **Parents**. То же самое можно сделать и на диаграмме чередования.

5. В дереве дисков щелкните правой кнопкой мыши на значке виртуального набора и в контекстном меню выберите команду **Scan** (Сканировать). Откроется диалоговое окно **Scan** (Сканировать), показанное на рис. 5.12.
6. Дальнейшее сканирование и сохранение найденных файлов ничем не отличается от восстановления данных с одиночного носителя, рассмотренного в предыдущей главе.

Главный источник проблем — неправильно заданный порядок чередования дисков, реже — неверный размер блока. В обоих случаях некоторые файлы могут быть найдены и извлечены, т. к. обнаружены их сигнатуры, а дальше программа собирает файл в соответствии с заданным порядком блоков (*stripes*).

Маленькие файлы, длина которых не превышает размер блока, в любом случае будут восстановлены совершенно правильно. Если файл занимает больше, чем один блок, начальный его фрагмент также окажется верным. Последующее содержимое файла будет составлено из блоков, не все из которых в действительности принадлежат ему. В результате эти файлы окажутся «битыми» и не смогут быть открыты.

Если все извлеченные файлы явно повреждены и не открываются, целесообразно изменить порядок блоков или дисков в виртуальном массиве либо выбрать другой размер блока. Возможно, на подбор размера блока и порядка чередования потребуются несколько попыток восстановления с разными параметрами.

Для быстроты процесс сканирования можно прерывать почти в самом начале — при подборе достаточно восстановить лишь несколько файлов и убедиться, что найдено правильное сочетание параметров. Обычно на поиск уходит от 2 до 10 попыток — создавая массив, большинство пользователей соглашаются с размером блока, который контроллер предлагает по умолчанию (64 или 128 Кбайт), а дисков редко бывает больше трех.

Программа R-Studio в очередной раз подтверждает свою репутацию. Ее средства позволяют выполнить полный цикл работ: от снятия образа до восстановления логической структуры или извлечения файлов.

Программа File Scavenger

Программа File Scavenger (<http://www.quetek.com>) предназначена специально для восстановления данных из RAID, хотя работает и с любыми отдельными накопителями: винчестерами, флеш-дисками, лазерными дисками. При всей внешней простоте интерфейса это приложение обладает очень гибкими возможностями и настройками.

Программа относится к категории Portable Software — единственный исполняемый файл (FileScav.exe) размером всего 1,38 Мбайт можно записать на любой носитель и запускать прямо с него. Второй файл — файл справки. Непосредственно для работы этот файл не нужен, но прочитать справку программы следует обязательно! Она содержит много полезных сведений не только о работе с программой, но и о восстановлении данных RAID вообще.

По умолчанию предполагается, что операционная система и программа запускаются с одного физического диска, а в RAID-массив включены остальные два или три физических диска. Тогда при запуске программа попытается определить вероятную конфигурацию массива и будет ориентироваться на нее. Но File Scavenger успешно работает и с образами дисков, созданными с помощью других утилит, и с физическими дисками, подключенными к обычным контроллерам.

Запустите программу. В окне File Scavenger присутствуют две вкладки:

- ❑ **Step 1: Search** (Шаг 1: Искать) — здесь задаются параметры поиска файлов и отображаются найденные файлы;
- ❑ **Step 2: Recover** (Шаг 2: Восстановить) — после того, как на диске в процессе сканирования обнаруживаются файлы, на этой вкладке можно указать параметры восстановления найденных объектов (пока файлы не найдены, эта вкладка неактивна).

Файл образа диска можно создавать разными программами, и расширение его роли не играет. Как правило, по внутреннему формату — это обычный бинарный файл. Некоторые программы применяют к нему алгоритм сжатия ZIP, поскольку нет смысла записывать в образе все последовательности пустых блоков — нулей. Программа File Scavenger сама создает образы в виде файлов с расширением `dsk`, но способна открывать такие файлы независимо от расширения.

1. В раскрывающемся списке **Look in** (Искать в) выберите один из физических дисков или разделов (рис. 8.3).

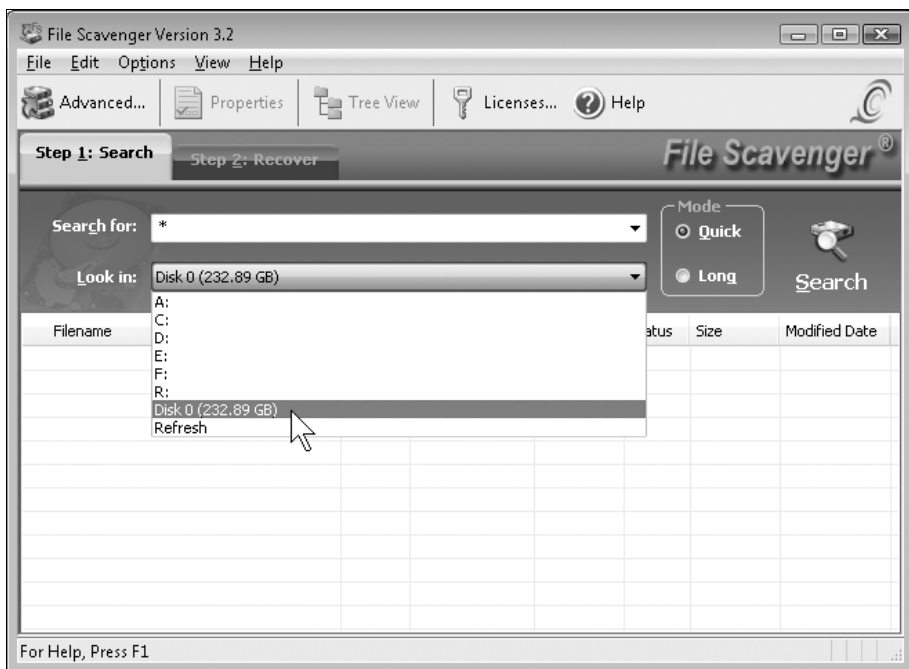


Рис. 8.3. Программа File Scavenger: выбор диска

2. Вызовите команду меню **File | Disk Image | Create** (Файл | Образ диска | Создать). Откроется окно **Creating a disk image file** (Создание файла образа диска). В нем содержится предупреждение о том, что нельзя сохранять образ диска на том же самом диске. Установите флажок, подтверждающий, что это понятно, и укажите имя файла и папку, в которой будет создаваться образ.

По умолчанию предлагается создать двоичный (**Binary**) файл, однако программа умеет сохранять данные и в виде текста (**Text**). Последнее может быть полезно для просмотра содержимого секторов не в двоичном, а в обычном текстовом редакторе наподобие Блокнота. Чтобы сохранить в образ лишь часть диска, укажите номера первого и последнего блоков для считывания.

3. Указав имя и тип файла, нажмите кнопку **Create** (Создать). Образ будет сохранен в заданную папку.

В нашем примере образы с дисков RAID 0 уже сняты и хранятся в папке на первом и единственном системном диске. Остается открыть их программой File Scavenger, смонтировать виртуальный массив и извлечь из него данные.

1. Вызовите команду меню **File | Disk Image | Load** (Файл | Образ диска | Загрузить). Откроется стандартное диалоговое окно открытия файлов. Выберите в нем образы (с нажатой клавишей <Ctrl> мышью можно выделить сразу несколько файлов) и нажмите кнопку **Открыть**. Загруженные образы добавляются в раскрывающийся список **Look in** (Искать в).
2. Нажмите в окне программы кнопку **Advanced** (Расширенные настройки) или выберите команду меню **File | Advanced** (Файл | Расширенные). Откроется окно **Reconstruct a broken RAID or spanned volume** (Реконструировать разрушенный массив RAID или составной том). Переключатели и флажки в этом окне задают тип массива, который должен быть воссоздан (рис. 8.4).
3. Выберите соответствующий тип (уровень) RAID:
 - **Spanned volume** — составной том, объединяющий объем нескольких дисков или массив JBOD;
 - **Striped volume** — массив с чередованием, т. е. RAID 0 или RAID 5.
4. С помощью переключателя **RAID Implementation** (Исполнение RAID) следует указать оригинальную реализацию массива:
 - **Hardware-based** (using a RAID controller) — диски принадлежали к аппаратному массиву;
 - **Software-based** — диски изначально входили в программный массив.
5. В группе **RAID 5 Parity Rotation** (Чередование блоков четности RAID 5) дополнительно задается порядок чередования томов (дисков) для массива уровня 5. Если вы не знаете, каков был порядок на самом деле, согласитесь с тем, который предложила программа — как правило, File Scavenger верно определяет последовательность томов.
6. Указав исходные параметры массива, нажмите кнопку **ОК**. Откроется следующее диалоговое окно, которое служит для сборки виртуального массива из физических дисков или их образов (рис. 8.5).

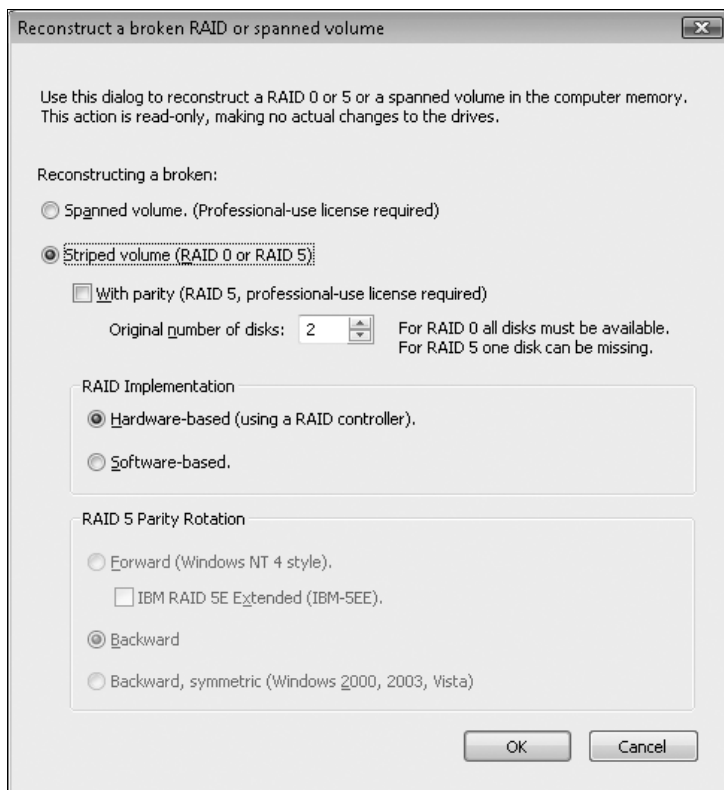


Рис. 8.4. Задание типа реконструируемого массива

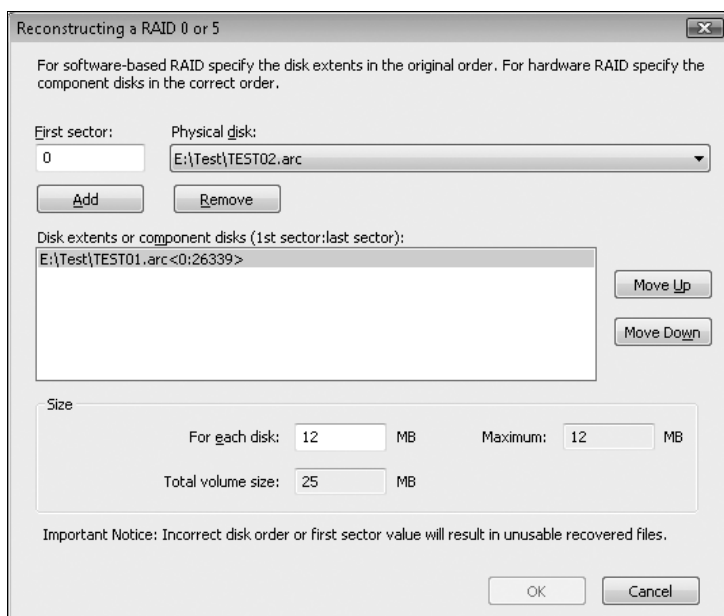


Рис. 8.5. Добавление дисков в массив

7. В раскрывающемся списке **Physical disk** (Физический диск) выберите первый диск, который нужно включить в массив. Нажмите кнопку **Add** (Добавить), и этот диск появится в поле **Disk extents or component disks** (Дисковые массивы или составные диски). Таким же способом добавьте остальные диски.
 - Кнопки **Move Up** (Переместить вверх) и **Move Down** (Переместить вниз) позволяют изменять порядок следования дисков внутри массива. Задавая очередность дисков вы, соответственно, указываете программе порядок их чередования.
 - В группе **Size** (Размер) задается объем диска, который программа будет сканировать. Он может быть меньше или равен, но не больше истинного размера массива. Сбрав таким образом виртуальный массив, нажмите кнопку **OK**.
8. Появится третье, заключительное диалоговое окно **Stripping Block Size** (Размер блока чередования) — задайте здесь величину блока (по умолчанию 64 Кбайт). Дополнительно можно задать число блоков, для которого одновременно вычисляется четность. Подавляющее большинство контроллеров по умолчанию за одно действие обсчитывают один блок. Некоторые контроллеры, например HP/Compaq, последовательно обрабатывали группы по 16 блоков, но в современных контроллерах такие алгоритмы не применяются.

Задав параметры или оставив их значения по умолчанию, нажмите кнопку **OK**. Новый виртуальный массив добавится в раскрывающийся список дисков **Look in** (Искать в).
9. Выберите созданный массив в раскрывающемся списке **Look in** (Искать в). Установите переключатель **Mode** (Режим) в одно из положений:
 - **Quick** (Быстрый) — быстрый поиск по записям файловой системы;
 - **Long** (Долгий) — долгий поиск по сигнатурам файлов по всему диску.
10. Нажмите кнопку **Search** (Искать). Откроется диалоговое окно **Determining the Boot Sector** (Указание загрузочного сектора), в котором можно указать номер загрузочного сектора. С этого сектора начнется поиск, и если неизвестен реальный номер, оставьте значение по умолчанию (0). Нажмите кнопку **OK**.
11. Еще в одном диалоговом окне программа предложит игнорировать корректно удаленные файлы (**Yes, Skip deleted files**) или показывать их (**No, Display deleted files**). Нажмите кнопку **OK** и ждите, пока программа просканирует виртуальный RAID-массив в поисках существующих и потерянных файлов.
12. По окончании поиска в окне программы на вкладке появится список найденных объектов. Чтобы просмотреть этот список в виде дерева файлов и папок, нажмите на панели инструментов кнопку **Tree View** (Просмотр в виде дерева).
13. Напротив каждого файла в колонке **Status** (Состояние) показывается прогноз на восстановление: **Good** (Хороший) или **Poor** (Плохой).
14. Перейдите на вкладку **Step 2: Recover** (Шаг 2: Восстановить), показанную на рис. 8.6. Укажите в поле **Destination folder** (Папка назначения) каталог, в кото-

рый следует сохранить восстановленные файлы. Чтобы по возможности сохранить всю логическую структуру файлов и папок, установите флажок **Use Folder Names** (Использовать имена папок).

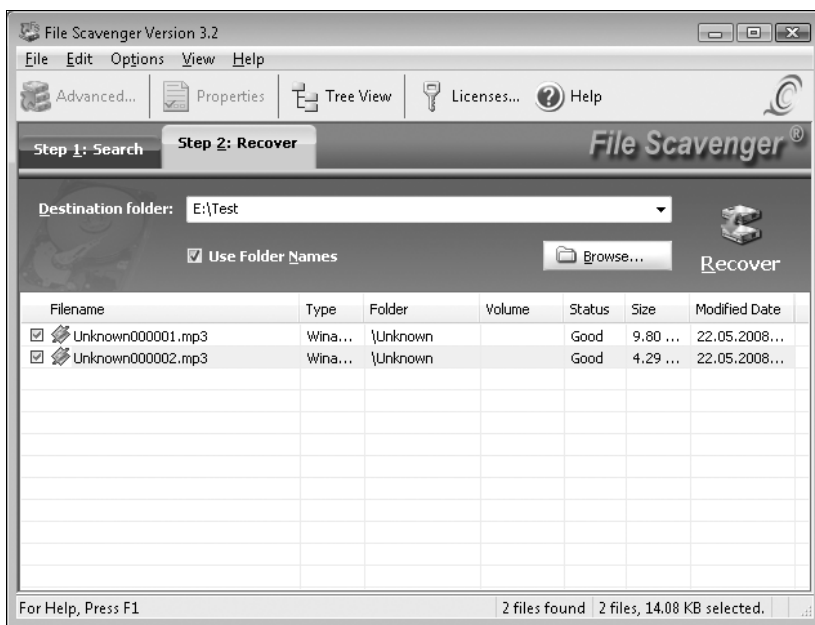


Рис. 8.6. Вкладка **Step 2: Recover** (Шаг 2: Восстановить)

- Установите в рабочей области окна флажки напротив тех файлов, которые следует извлечь. Нажмите большую кнопку **Recover** (Восстановить). Выбранные файлы будут извлечены из виртуального массива в папку, указанную в поле **Destination folder** (Папка назначения).

Поскольку сканирование больших массивов занимает длительное время, в программе предусмотрено сохранение промежуточных результатов. Команда меню **File | Session | Save** (Файл | Сессия | Сохранить) позволяет сохранить текущее состояние сканирования в файл, а команда **File | Session | Load** (Файл | Сессия | Загрузить) загружает сохраненную сессию, чтобы продолжить обработку с предыдущего состояния.

Благодаря портативности и универсальности эта утилита займет маленькое, но достойное место на загрузочном флеш-диске с «аварийным набором» программ. Полностью заменить мощный пакет R-Studio она вряд ли сможет, но очень удобна для экстренного восстановления данных, и не только с RAID-массивов.

Runtime RAID Reconstructor

В отличие от двух рассмотренных здесь программ, утилита от компании Runtime Software (www.runtime.org) выполняет лишь один из этапов восстановления информации. RAID Reconstructor реконструирует виртуальный массив из физических

дисков или их образов и сохраняет образ собранного массива в новый файл. Программа способна воссоздавать массивы уровней 0 или 5, в которые входит до 14 дисков. Дальнейшее извлечение информации возлагается на другие программы того же разработчика.

Сборку массива программа RAID Reconstructor осуществляет в четыре приема. Главное окно (рис. 8.7) построено так, что в нем представлены все шаги, помеченные крупными цифрами в кружках:

- 1. Выбор типа массива и входящих в него дисков (образов).
- 2. Анализ подключенных дисков.
- 3. Сохранение образа реконструированного массива или побайтовая запись его содержимого на физический диск.
- 4. Передача сохраненного образа в одну из программ для дальнейшей работы с ним.

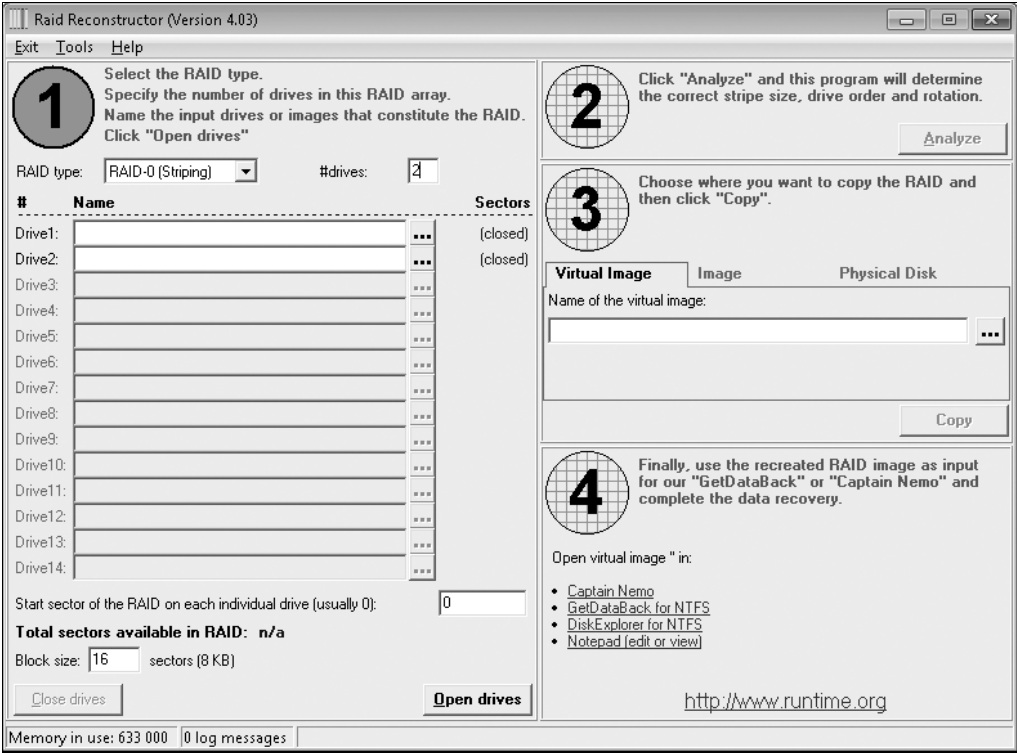


Рис. 8.7. Главное окно RAID Reconstructor

Для создания образа физического диска выберите команду меню **Tools | Create single image file** (Инструменты | Создать одиночный файл образа). В открывшемся окне в списке **Select the source drive** выберите диск, образ которого нужно создать, а в поле **Select the destination file** укажите имя и путь к создаваемому файлу-образу (рис. 8.8).

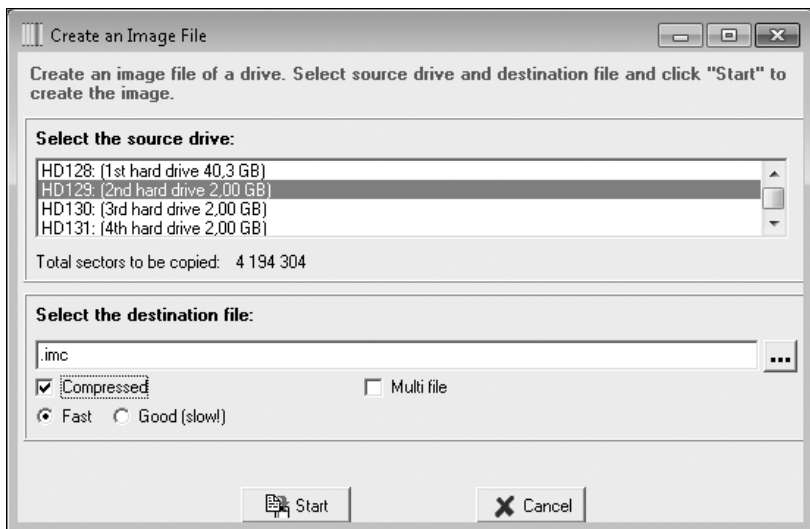


Рис. 8.8. Создание образа исходного диска

По умолчанию образ сохраняется в виде несжатого бинарного файла с расширением **img**. Если же установить флажок **Compressed** (Сжатый), то файл сжимается и ему присваивается расширение **imc**. Дополнительно переключателем выбирается одна из двух степеней сжатия.

Создание образа — операция необязательная. Если диски аппаратно исправны, работать можно непосредственно с ними. Более того, вы можете снять образ с одного винчестера, а остальные диски включить в виртуальный массив как таковые — программа позволяет сочетать в одном виртуальном массиве и то, и другое. Собственно работа с виртуальным массивом начинается с указания дисков, входящих в его состав.

1. В главном окне программы выберите из раскрывающегося списка **RAID type** тип массива: **RAID 0** или **RAID 5**. В поле **#drives** укажите число дисков, входящих в массив. Станет доступным указанное число полей (слотов), в которые вы затем подключите физические диски либо образы. В нижней части окна задаются номер начального сектора массива на каждом из дисков (поле **Start sector of the RAID on each individual drive**) и размер блока (поле **Block size**).
2. Для подключения диска или образа щелкните на кнопке с многоточием справа от слота. В открывшемся меню выберите нужный физический диск (отображаются все подключенные к компьютеру диски). Последний пункт меню, **Select file (Image)**, служит для выбора файла-образа.
3. Заполнив массив дисками и/или образами, нажмите кнопку **Open Drives** (Открыть диски). **RAID Reconstructor** открывает выбранные диски для чтения и одновременно блокирует доступ к ним со стороны ОС и остальных программ, чтобы предупредить изменения содержимого.
4. Нажмите кнопку **Analyze** (Анализировать). Откроется диалоговое окно **Determine RAID parameters** (Определить параметры RAID).

ПОЯСНЕНИЕ

По умолчанию предлагается сначала выполнить дифференциальный энтропийный анализ и отобразить его результаты. Идея анализа заключается в том, что фрагменты одного файла должны быть статистически более похожи друг на друга, чем на фрагменты других файлов. При этом учитывается, что содержимое файла, скорее всего, несколько отличается от «белого шума», и программа пытается оценить как раз эти отличия. Допущение нестрогое, и для определения «степени сходства» применяются довольно сложные алгоритмы. В результате RAID Reconstructor приходит к предположениям о вероятном размере блока чередования и об очередности дисков в массиве. Окончательное решение, разумеется, остается за пользователем — только человек способен оценить, что из «полос» был собран файл с осмысленным содержимым. Если такое произошло, очевидно, были подобраны верные значения параметров массива, и с этими параметрами он и должен быть реконструирован.

5. Нажмите в диалоговом окне **Determine RAID parameters** (Определить параметры RAID) кнопку **Next** (Далее). Программа проанализирует диски. Откроется следующее диалоговое окно. В нем перечисляются размеры блоков, с которыми далее будет проводиться проверка валидности массива. Наиболее вероятные, по результатам анализа, значения параметров уже внесены в поля и отмечены флажками (рис. 8.9).

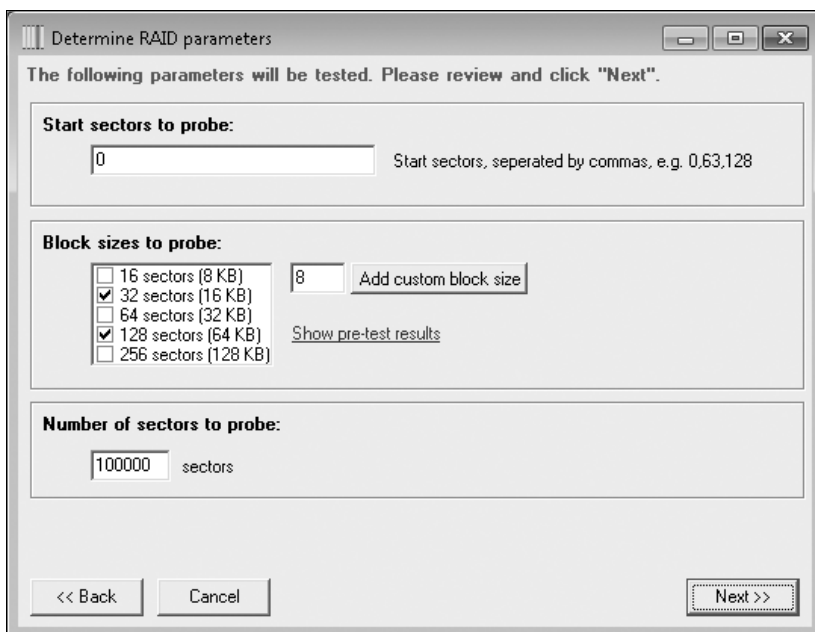


Рис. 8.9. Выбор параметров для проверки

6. Нажмите кнопку **Next** (Далее). Программа продолжит анализ и выведет возможные сочетания размеров блоков, начального сектора массива и порядка чередования дисков.

Для каждого из вариантов в колонке **Entropy** (Энтропия) отображается оценка в условных единицах энтропийного анализа — чем она ниже, тем более вероят-

но, что это правильный выбор. Рекомендуемый вариант помечен красным цветом, и ему присвоен рейтинг 1 (рис. 8.10).

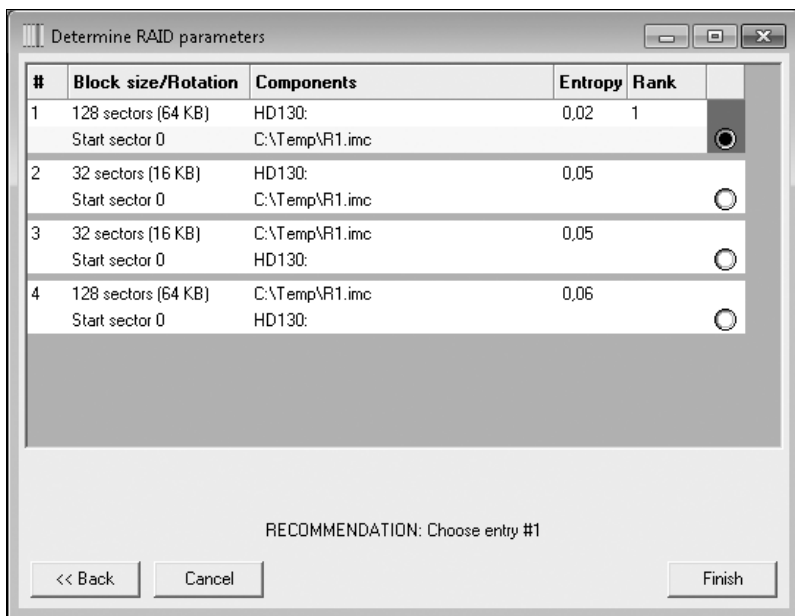


Рис. 8.10. Выбор сочетания параметров для реконструкции массива

7. Установите переключатель напротив того набора параметров, с которым следует реконструировать массив. Логично согласиться с рекомендациями программы и оставить переключатель в том положении, которое было выбрано автоматически. Нажмите кнопку **Finish** (Закончить).
8. Мы переходим к третьему шагу. На нем содержимое реконструированного виртуального массива может быть сохранено любым из трех способов. Каждому из них отведена одна вкладка в группе **3** главного окна программы.
 - **Virtual image** — на этой вкладке задается имя файла виртуального образа. Сам файл с расширением *vim* очень мал по размеру и является файлом описания. Он содержит ссылки на физические диски и/или файлы образов одиночных дисков, а также сведения о начальном блоке, размере блоков, порядке чередования и размере массива. При работе с файлом виртуального образа одновременно должны быть доступны диски или образы-источники;
 - **Image** — в этом случае содержимое всего массива сохраняется в файл образа: простой бинарный или сжатый;
 - **Physical disk** — содержимое реконструированного массива побайтово записывается на указанный физический диск. Эта процедура напоминает клонирование дисков с тем отличием, что здесь на один диск переносится содержимое целого массива RAID.

Укажите на вкладках имена и пути к файлам и/или выберите физический диск. Вы можете настроить лишь один из вариантов сохранения результатов, два или все сразу. Чтобы запустить сохранение, нажмите кнопку **Сору** (Копировать).

9. В качестве четвертого шага предлагается прямо из окна RAID Reconstructor запустить одну из программ: Captain Nemo или GetDataBack for NTFS для дальнейшего извлечения данных из массива либо дисковый редактор NTFS Explorer.

Подразумевается, что эти приложения от Runtime Software уже установлены на вашем компьютере. Впрочем, несжатый образ или диск-клон вы можете исследовать и с помощью любой другой программы подобного рода!

Частные случаи восстановления

Ранее был рассмотрен стандартный «долгий» путь восстановления данных из RAID-массива. Он разделяется на четыре этапа:

- ☐ подключение дисков к обычному контроллеру по одному;
- ☐ создание их образов;
- ☐ сборка виртуального массива;
- ☐ восстановление полной логической структуры или извлечение отдельных файлов.

Это наиболее универсальная, безопасная, но не всегда самая эффективная тактика. На практике, если массив не несет на себе загрузочный и системный диск, можно прибегнуть к более коротким способам восстановления. Выбор зависит от решения вопроса: разрушен массив или только поврежден? Ответ можно найти в оснастке **Управление дисками** консоли MMC.

Работа с поврежденным массивом

Если массив поврежден, т. е. показан в оснастке **Управление дисками** как один диск, а сами диски физически исправны, проще всего обратиться к этому массиву как к обычному диску. Поскольку контроллер правильно распределяет блоки по винчестерам при записи и чтении, при восстановлении данных можно не думать о том, что работа ведется с RAID-массивом.

В таком случае будет работать любая из программ для извлечения данных с обычных дисков. Эффективность целиком зависит от алгоритма поиска и воссоздания данных, используемых этой программой. В программах R-Studio, File Scavenger, Easy Recovery и др. следует выбрать физический диск, которым массив представляется операционной системе. Дальнейшие действия в точности повторяют те, которые были рассмотрены в предыдущей главе.

Работа с разрушенным массивом

Когда массив разрушен, входившие в него диски показываются в оснастке **Управление дисками** каждый отдельно. Если при этом контроллер и сами диски

аппаратно исправны, стоит обратиться к ним программами R-Studio или File Scavenger и построить из этих физических дисков виртуальный массив.

Если почти весь большой объем дисков занят данными, удобнее работать непосредственно с дисками, а не с их образами. Для сохранения двух или четырех образов может понадобиться чистый винчестер максимальной емкости. При возникновении проблем на аппаратном уровне нужно быстро снять образ с неисправного дисководов и отключить его. Впоследствии виртуальный массив легко собрать из функционирующего винчестера и образа, т. к. для программы и то, и другое — всего лишь последовательность секторов.

Извлечение данных из RAID 0

Если один из дисков чередующегося массива вышел из строя, и ему требуется ремонт в специальных условиях, можно попытаться сначала извлечь данные со второго винчестера. При обнаружении в извлеченной информации нужных данных необходимость в дорогостоящем ремонте винчестера может отпасть.

На уцелевшем винчестере наверняка сохранились все файлы, размер которых меньше или равен размеру блока (stripe), если в ходе чередования они попали на этот диск. Их обнаружит сканирование программами R-Studio или Easy Recovery. По умолчанию размер блока равен 64 килобайтам, поэтому на извлечение баз данных, картинок, фильмов и большинства документов Microsoft Office рассчитывать не стоит, хотя многие текстовые файлы в эту категорию попадут.

«Контрольная сумма»

Главная особенность RAID-массивов в том, что данные в них распределены между несколькими физическими носителями. Конкретный способ такого распределения называют уровнем RAID. В избыточных массивах при аварии одного из дисков информация почти всегда может быть восстановлена с помощью микропрограммы контроллера или средствами драйвера RAID. Для этого необходимо лишь заменить неисправный винчестер и запустить штатную процедуру воссоздания его содержимого.

При появлении логических или физических ошибок на отдельных дисках массив оказывается поврежденным. Данные из поврежденного, но не разрушенного, массива почти всегда могут быть восстановлены так же, как с одиночного жесткого диска, и теми же программами. Другой способ восстановления — подключение дисков из массива к обычному контроллеру и программная реконструкция RAID с помощью программ, способных эмулировать массив из дисков или их образов (R-Studio, File Scavenger, RAID Reconstructor).

При утрате контроллером текущих настроек набора дисков RAID разрушается. Система перестает воспринимать разрушенный массив как единый диск. Для извлечения информации необходимо подключить диски к обычному контроллеру и реконструировать массив программными средствами.

Утилиты для восстановления RAID работают как с физическими дисками, так и с их образами. Работа с образом предпочтительна при наличии аппаратных проблем с одним из винчестеров массива.

ГЛАВА 9



Восстановление данных с флеш-накопителей

Полупроводниковые носители — второй по значимости объект для восстановления информации. Уникальные данные на них оказываются реже, чем на винчестерах — как правило, на флеш-диски USB что-нибудь копируют с жесткого диска, где остаются оригиналы. С карт памяти, наоборот, данные достаточно часто «сбрасывают» на компьютер, и здесь тоже в первую очередь стоит поинтересоваться наличием сохраненной копии.

Типичный сценарий, приводящий к необходимости восстановления, — непосредственная работа с документами на флеш-диске попеременно на разных компьютерах. В этом случае сменный носитель хранит единственную копию информации. Такая эксплуатация неблагоприятно сказывается и на «здоровье» флеш-памяти. Регулярная перезапись одних и тех же ячеек может привести к выходу их из строя и потере данных.

Основное различие между флеш-дисками USB и картами памяти заключается в их конструкции. Брелоки USB относительно ремонтпригодны. В картах памяти полупроводниковые кристаллы и все проводники обычно залиты компаундом или запрессованы в пластмассу, в результате карта получается неразборной. В остальном эти устройства очень похожи, и принципы работы с ними одни и те же.

Устройство и ремонт флеш-дисков USB

Флеш-диски USB устроены почти одинаково (рис. 9.1). На печатной плате смонтированы микросхема памяти, контроллер, кварцевый резонатор, элементы обвязки, внешний разъем.

Все это заключено в декоративный корпус. Конструкции корпусов бывают самыми разными, и для разборки порой приходится проявлять немалую изобретательность.

Разборка корпуса во многих случаях необходима — только таким путем можно осмотреть монтаж и оценить целостность проводников. Обычно корпус склеен из двух половин, и расцепить их удастся с помощью скальпеля. Возможно, следует сначала надрезать клееный шов по всему периметру. Некоторые «флешки» залиты

в резиноподобную массу. Как правило, такую заливку следует осторожно разрезать по ребру, а половинки затем легко отделяются от платы.

Встречаются несколько вариантов конструкции самой платы. В более старых моделях контроллер и стабилизатор питания выполнены в виде отдельных микросхем. Часто они находятся на одной стороне платы, а микросхема памяти — с другой.



Рис. 9.1. Внутреннее устройство флеш-диска USB

Более современные решения объединяют контроллер и стабилизатор питания в одном корпусе. Уменьшение числа микросхем ведет к удешевлению изделия. С точки зрения надежности и ремонтпригодности это несомненный минус — аварии по питанию неизбежно выводят из строя и контроллер.

Иногда на плате установлены две одинаковые микросхемы памяти — за счет этого производители собирают диски максимальной емкости, пока еще не налажено производство микросхем нужного объема. «Двухчиповая» архитектура часто преследует и другую цель — обращение к двум микросхемам происходит попеременно, получается своеобразный RAID 0 и достигается большая скорость чтения/записи. При восстановлении данных такая архитектура создает дополнительные сложности.

Диагностика полупроводниковых накопителей

Диагностика причин потери данных на флеш-дисках довольно проста. Некоторые шаги в процессе диагностики являются и началом восстановления данных:

1. Если карта памяти не распознается или не читается, прежде всего, вставьте ее в другой картридер. Для карт MicroSD возьмите другой переходник. Так сразу исключаются банальные причины, связанные с устройством чтения.
2. Осмотрите карту на наличие механических повреждений. Внимательно, под лупой, изучите контактные площадки. Протрите их этиловым или изопропиловым спиртом. Напряжения и токи в интерфейсе малы, и для возникновения ошибок достаточно незначительного ухудшения контакта.
3. Флеш-диск USB целесообразно разобрать, чтобы осмотреть разъем с контактами и плату. Станут видны и дефекты пайки, и подгоревшие элементы обвязки.

4. Подключив флеш-диск в порт USB, а карту памяти в картридер, проследите, как устройство определяется операционной системой:
 - если не происходит вообще ничего, причина сбоя кроется в контактах, схеме питания или, что менее вероятно, в контроллере;
 - если началось определение устройства, скорее всего, контакты целы, а схема питания исправна. Если операционная система в результате определяет **неизвестное устройство USB**, то, вероятно, вышел из строя контроллер или разрушена микропрограмма (рис. 9.2);

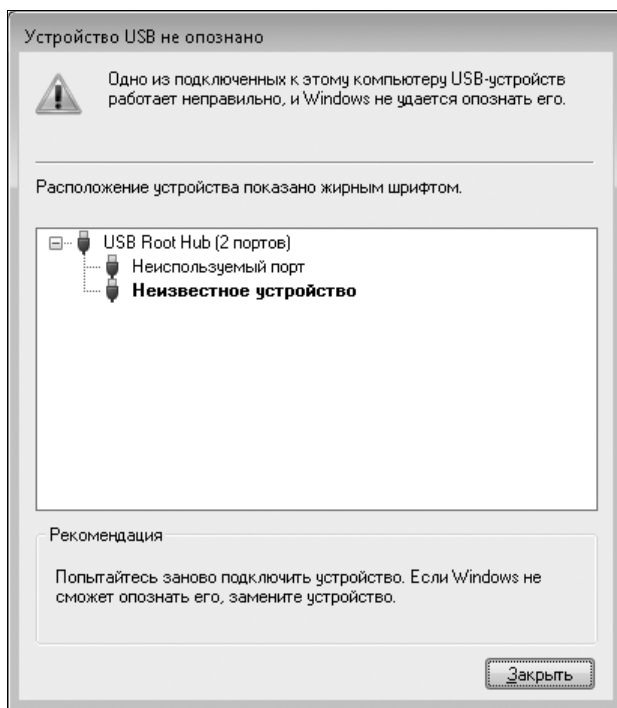


Рис. 9.2. Определение флеш-диска с неисправным контроллером

- если определение устройства прошло удачно, но вместо названия флеш-диска появляется что-то неудобочитаемое типа **К-ă .□ ~ñë _-#e**, проблема, скорее всего, связана с микропрограммой контроллера;
 - если диск определился правильно, контроллер, скорее всего, работает, хотя в полной его исправности позволяет убедиться только успешное чтение данных с диска.
5. Попробуйте открыть диск через Проводник Windows. Обратите внимание на определяемый операционной системой объем диска, наличие файлов и папок.
 6. Запустите одну из программ восстановления данных, например Flashnul-0.991, и попробуйте с ее помощью создать образ подключенного флеш-диска. В случае неудачи попробуйте применить другую программу. Если с помощью одной из

программ удалось восстановить образ диска, проблема, скорее всего, чисто логическая.

Таким образом, в одну группу мы сможем отнести устройства с явными электромеханическими проблемами (самое простое), в другую — с повреждением электроники (предстоит замена компонентов), в третью — проблемы микропрограммы и служебной области (весьма неприятно) и, наконец, отделим накопители с исключительно логическими ошибками. Последний случай тоже является простейшим — восстановление информации с любого читаемого блочного носителя производится по одной и той же схеме.

Сразу же следует предостеречь от так называемого «программного ремонта» флеш-дисков. Утилиты для восстановления работоспособности накопителей в последнее время обильно представлены в Интернете. Среди них есть и «фирменные» средства от производителей дисков и контроллеров, и утилиты, создаваемые энтузиастами.

Рассчитаны такие программы на вполне определенные контроллеры или целые их семейства. Общий принцип работы — исправление и перезапись микропрограммы, пересчет транслятора. В отличие от винчестеров, «низкоуровневое форматирование» флеш-накопителей простыми методами вполне реально, и в случае аппаратной исправности оно способно вернуть диск к жизни. Загвоздка лишь в том, что такой ремонт по определению связан с полным стиранием пользовательской области, и с восстановлением данных принципиально несовместим!

Механические повреждения

Механические повреждения флеш-дисков USB и карт памяти встречаются очень часто. Их разбивают, ломают, раздавливают, отрывают разъемы, грызут, топят во всевозможных жидкостях. Диагностика таких повреждений, в первую очередь, визуальная. Очень помогает и тестер-мультиметр с тонкими щупами (иголками) — отрывы ножек микросхем или разрывы дорожек иногда бывают малозаметны.

Разъем USB легко отломить. Он держится лишь на пайке в шести точках (четыре ножки и два лепестка на корпусе-экране). При этом возможен малозаметный отрыв ножек, поскольку обычно они припаяны плоскостью вверх дорожек платы. Если появились подозрения, проще всего пропаять все четыре ножки, на всякий случай.

Если разъем выломан с куском платы, целесообразно зачистить концы дорожек, припаять к ним проводки, а уже к ним — разъем. Можно просто отрезать кусок готового кабеля USB с разъемом и припаять его к плате.

Даже серьезно разрушенную плату обычно удастся восстановить, пусть кое-как, навесным монтажом. Лишь бы остались целы сами микросхемы! За образец можно взять «флешку» аналогичной модели, проследить по ней дорожки и замерить номиналы отвалившихся деталей. Вариант — перепаять микросхему памяти и, возможно, контроллер, на плату-донор.

СОВЕТ

При пайке, особенно феном, помните, что критическая температура для микросхем флеш-памяти составляет всего около 300–350 градусов. Избежать перегрева помогает нехитрый прием, с которым хорошо знакомы ремонтники сотовых телефонов: па-

яльником, нагретым до 120–140 градусов, нанесите на ножки микросхемы большую каплю сплава Розе или Вуда. Эти сверхлегкоплавкие припои продаются там же, где запчасти, инструменты и прочие принадлежности для ремонта телефонов. Продолжайте прогревать место пайки около минуты. В результате припои сплавятся, и чип легко удастся снять с платы.

При попадании флеш-диска в воду следует как можно скорее разобрать его, промыть под струей водопроводной воды, а затем тщательно ополоснуть в дистиллированной воде. При промывке очень полезна ультразвуковая ванночка.

После промывки детали нужно тщательно высушить при температуре около 100 градусов. Если электрохимическая коррозия не успела зайти далеко, промывки с сушкой окажется достаточно. Без этого карту или флеш-диск, побывавшие в жидкости, не стоит подключать даже на короткое время!

Последствия коррозии устранять сложнее. Разъединенные дорожки на плате можно восстановить каплями припоя или тонким луженым проводом. Часто от коррозии страдают выводы чипов. При некотором навыке удастся нарастить пайкой и их. Для ремонта плат, побывавших в жидкостях, лучше всего подходят слабоактивированные спиртово-канифольные флюсы, например, ЛТИ.

Неисправности стабилизатора и обвязки

Электрическое повреждение флеш-дисков по питанию — распространенная проблема. Самой частой причиной является неправильное подключение проводов от разъемов USB на передней панели компьютера к колодкам на материнской плате. Невнимательные сборщики «убили» таким образом уже немало флеш-дисков. Примечательно, что обычно бывают перепутаны провода только от одного порта из двух, и ошибка выявляется далеко не сразу.

При переполюсовке питания, как правило, сгорает параметрический стабилизатор. Он должен формировать из напряжения питания USB +5 В напряжение 3,3 В, необходимое для работы флеш-памяти. Вместе с ним часто выгорает и гасящий резистор.

Сгоревший стабилизатор легко определить визуально. За считанные секунды неправильного подключения он успевает полностью выгореть, обуглив даже плату вокруг себя (рис. 9.3). Это подтверждает и запах, который распространяет испорченный флеш-диск.

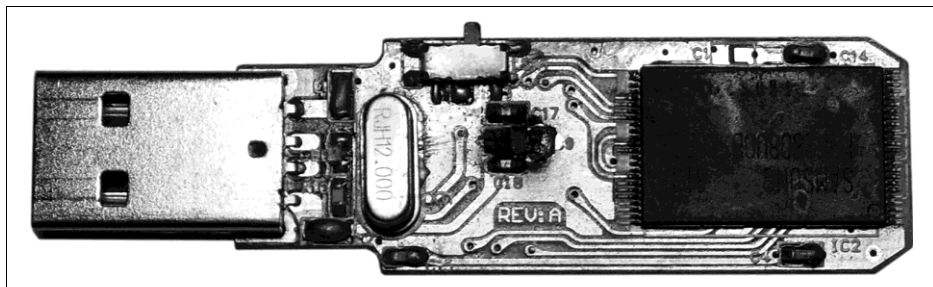


Рис. 9.3. Выгоревший стабилизатор

Перегорая в первую очередь, стабилизатор обычно успевает спасти контроллер. Однако так происходит не всегда — вместе со стабилизатором иногда страдает и микросхема контроллера. Тем не менее, целесообразно начать с более простой операции — ремонта цепи питания. После этого судьба контроллера выяснится автоматически.

При отсутствии подходящего стабилизатора на 3,3 В, например LM317, можно заменить его двумя последовательно включенными диодами (рис. 9.4). Падение напряжения в прямом направлении на одном диоде составляет примерно 0,8–0,9 В, поэтому после двух таких диодов от 5 В останется 3,2–3,4 В — напряжение, необходимое для питания контроллера и микросхемы памяти. Полярность включения диодов удастся определить, рассмотрев ход дорожек печатной платы.

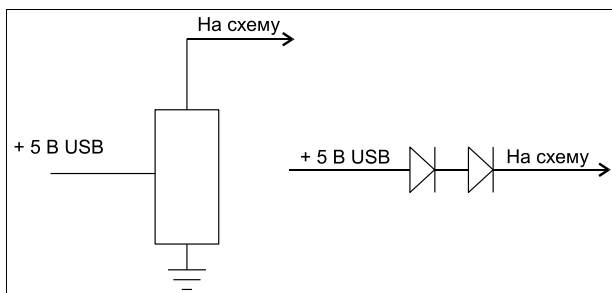


Рис. 9.4. Замена стабилизатора двумя диодами

При миниатюрных диодах и достаточной аккуратности можно полноценно отремонтировать накопитель (рис. 9.5). У такой замены есть еще один плюс — флеш-диск с таким стабилизатором не сгорит, даже если на него будет подано питание в обратной полярности. Диоды не пропустят ток в обратном направлении.

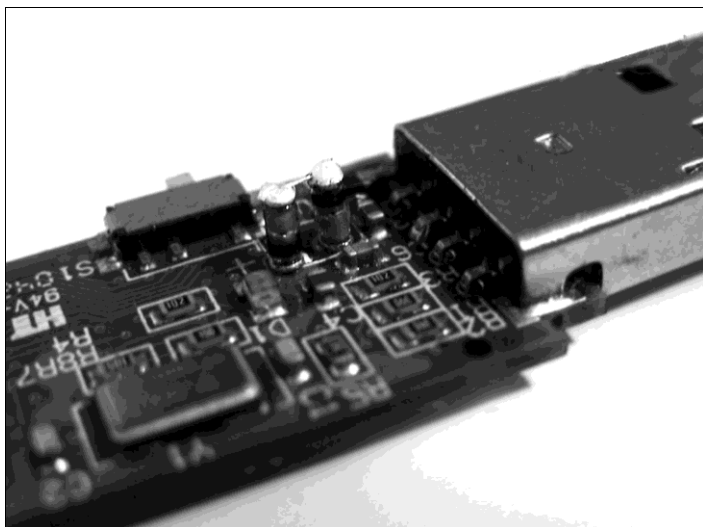


Рис. 9.5. Диоды установлены на плату

Когда проблема ограничивается стабилизатором питания, описанные манипуляции полностью восстанавливают работоспособность диска. На всякий случай целесообразно сразу же сделать копию — образ диска одной из программ восстановления. Если на диске не оказалось логических ошибок, его содержимое удастся скопировать и обычным способом.

В современных моделях флеш-дисков стабилизатор все чаще интегрируют в микросхему контроллера. Неправильное подключение при такой схеме почти неизбежно ведет к порче чипа контроллера.

Кварцевый резонатор тоже иногда выходит из строя, хотя и редко. Признаки неисправности сходны с повреждением контроллера — диск не определяется либо определяется как «неизвестное устройство».

Для проверки проще всего заменить резонатор. Во флеш-дисках используются кварцы с частотой 12 МГц. Деталь для замены можно выпаять с другого флеш-диска, встречаются такие и на материнских платах. Еще лучше приобрести в магазине радиодеталей новый кварц — стоит он совсем мало, зато наверняка исправен.

Неисправности контроллера

Проверить контроллер можно путем подключения флеш-диска к заведомо исправному порту USB. При проблемах аппаратного уровня накопитель либо вовсе не определяется, либо определяется как «неизвестное устройство».

Выходов два. Один из них — замена контроллера, что, на первый взгляд, проще. Другой, назовем его профессиональным, требует наличия программатора-считывателя микросхем NAND Flash.

Замена контроллера приходит на ум по аналогии с жесткими дисками. Технически перепаять контроллер, действительно, очень просто — крошечная микросхема с несколькими десятками ножек! Однако все омрачают два обстоятельства:

- ❑ разновидностей контроллеров неисчислимо множество. Их во много раз больше, чем даже ревизий плат винчестеров. Подобрать подходящего «донора» — задача не из легких. При этом на торговую маркировку флеш-дисков ориентироваться бесполезно. В одинаковых корпусах часто скрываются разные контроллеры — за время выпуска одной модели производители могут менять ее спецификации несколько раз;
- ❑ часто используются контроллеры в бескорпусном исполнении. Залитые компаундом, они выглядят как блестящие нашлепки на плате. Демонтировать, тем более заменить, такую микросхему практически невозможно.

Второй выход логичнее во всех отношениях. Это в жестком диске считать данные можно только штатным блоком головок! Микросхемы флеш-памяти стандартны, и прекрасно читаются и записываются внешним программатором. Единственное условие — соответствующий переходник с контактами и программа, работающая с данной спецификацией памяти. Таких спецификаций не так уж много — всего несколько десятков, а широкое распространение получили и того меньше.

Во флеш-дисках в основном используются микросхемы в корпусах 48-pin TSOP1 Standard Type, 48-pin NAND Flash TSOP1, USOP и WSOP. Среди программ-

но-аппаратных комплексов для работы с памятью флеш-дисков в России наиболее известна продукция четырех разработчиков:

- ❑ комплекс PC-3000 Flash от ACE Lab (www.ancelab.ru) — предназначен для работы с картами памяти и микросхемами флеш-дисков USB. Его более новая модификация PC-3000 Flash SSD Edition восстанавливает данные и с накопителей SSD;
- ❑ SalvationDATA Flash Doctor от компании SalvationDATA Technology (www.sd-flash.com);
- ❑ Flash Recovery Tool (FRT) от компании BVG Group (www.bvg-group.ru);
- ❑ Flash Reader с набором адаптеров и утилит от компании Софт-Центр (www.soft-center.ru). Особенность комплекса в том, что все его компоненты, как аппаратные, так и программные, приобретаются по отдельности. В результате каждый мастер сам формирует набор лишь из необходимых ему переходников и утилит.

Стоит такое оборудование довольно дорого, причем значительная часть стоимости приходится на программное обеспечение. Это хорошо прослеживается на примере программно-аппаратного комплекса от Софт-Центра. Главная задача утилит, которые входят в состав комплексов, — сборка правильной последовательности логических секторов из «чернового» дампа флеш-памяти.

Особенности логической организации флеш-дисков

Начальные физические ячейки флеш-памяти отведены под служебную область. В логической адресации блоков она не участвует и доступна только микропрограмме. Будем считать, что эти ячейки обладают отрицательными адресами по отношению к отображаемому началу диска. Служебная область содержит микропрограмму флеш-накопителя, транслятор и, как правило, таблицу bad-блоков и замещения секторов.

В пользовательской области самых старых флеш-дисков USB применялась простая линейная трансляция. Последовательность физических блоков точно соответствовала тому, как эти блоки отображались в координатах LBA. Сегодня для повышения скорости чтения/записи производители обычно усложняют механизм трансляции. Ячейки пользовательской области разбиваются на группы, а обращение происходит попеременно к ячейкам разных групп. В дисках большей емкости на двух микросхемах памяти чередование используется обязательно. Такое чередование ячеек или блоков очень похоже на организацию массивов RAID 0.

В дампе памяти, считанном через программатор, последовательность байтов в точности соответствует нумерации ячеек микросхемы. Для перевода дампа в образ диска, из которого затем удастся извлечь файловую информацию, необходимо выполнить минимум две операции:

- ❑ «отрезать» служебную область;
- ❑ выстроить верную последовательность блоков с учетом чередования ячеек.

Теоретически такое преобразование может быть сделано с помощью любого HEX-редактора методом «выделить-копировать-вставить». Однако на практике обработать вручную весь объем дампа нереально. Тем более, единственная ошибка пустит насмарку всю предшествовавшую работу.

Для автоматизации процесса служат утилиты программно-аппаратных комплексов. Входными данными для них являются сам «сырой дамп», а также файлы конфигурации с указанием размера служебной области, длины блока и порядка чередования. Утилиты для сборки образов, а главное, конфигурационные файлы к различным моделям дисков (контроллеров и микропрограмм) являются «ноу-хау» производителей комплексов. По крайней мере, автор книги так и не нашел ни одной программы подобного рода в свободном доступе...

В качестве примера коммерческих утилит приведем программу Flash Recovery Tool, входящую в состав одноименного комплекса от компании BVG Group. Программа решает четыре основные задачи. Каждая процедура реализована на отдельной вкладке главного окна программы Flash Recovery Tool (рис. 9.6).

- ❑ **Raw Flash** — вкладка для работы с «сырым» дампом микросхемы памяти;
- ❑ **Glued Flash** — вкладка редактирования образа микросхемы. В ней можно вырезать ненужные области данных, а также склеивать (Glue) воедино несколько образов, считанных с разных микросхем;

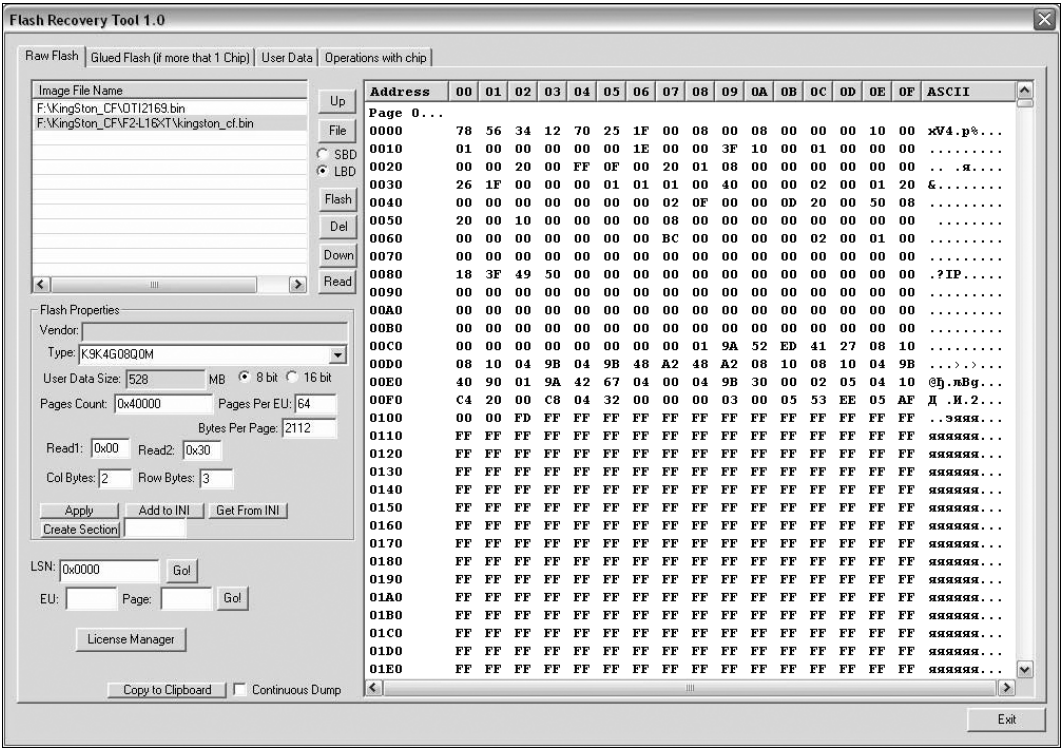


Рис. 9.6. Главное окно программы FRT

- ❑ **User Data** — вкладка для извлечения из образа пользовательских данных;
- ❑ **Operations with chip** — вкладка для работы с программатором, чтение/запись чипов памяти.

Фактически программа является интеллектуальным HEX-редактором для работы с дампами флеш-памяти и при этом тесно «привязана» к аппаратной части программатора. Она способна автоматически, исходя из идентификатора, определять модель чипа, установленного в программатор.

Параметры считывания микросхем (размеры страниц и блоков, команды считывания) задаются в INI-файле. При необходимости можно добавлять в этот файл секции для новых микросхем — параметры зависят от производителя и марки чипа. На сайте BVG Group зарегистрированным пользователям регулярно предлагаются обновления конфигурационных файлов.

После считывания блоков и сохранения их в файл дампа начинается извлечение из него полезной информации. Если флеш-диск содержал пару микросхем памяти и с каждой был снят свой дамп, предварительно оба файла «склеиваются» в один (вкладка **Glued Flash**). Возможны разные варианты сборки: стыковка «конец в конец», чередование байтов, страниц или блоков, с инверсией байтов или без нее. Одновременно отрезаются служебные области, не несущие пользовательскую информацию.

Режим просмотра «хвостов» позволяет отыскать блоки по их номерам и попробовать расположить их в правильной последовательности. Программа «умеет» автоматически строить трансляторы для известных носителей, марки и модели которых занесены в базу данных. Затем собранные по номерам блоки, предположительно относящиеся к одному файлу, сохраняются на диск в виде обычного файла.

Разумеется, это предельно схематичное описание процесса восстановления данных с выпаянной микросхемы флеш-памяти. Подробные инструкции прилагаются к комплексу и выложены на сайте производителя. Цена полного комплекта FRT составляет около 700 долларов.

Мастера, в чьем распоряжении есть аппаратно-программный комплекс, в случае аппаратных проблем с USB-дисками обычно сразу же прибегают к прямому считыванию микросхемы памяти — это и быстрый, и почти безотказный путь. Без комплекса сфера работ, скорее всего, ограничится физически исправными носителями и теми экземплярами, которые удастся отремонтировать заменой контроллера. Впрочем, и это не так уж мало!

Программа Flashnul

Flashnul — очень маленькая консольная программа для проверки работоспособности и обслуживания носителей на флеш-памяти. Она работает с любыми накопителями: флеш-дисками USB, IDE-Flash, SecureDigital, MMC, MemoryStick, SmartMedia, XD, CompactFlash и т. д.

Первоначально программа создавалась для программного ремонта накопителей с поврежденными файловыми системами (гарантированной записи нулей во все

блоки) — отсюда и пошло ее название. Остальные функции постепенно добавлялись в очередных версиях утилиты. Программа бесплатна и распространяется вместе с исходными текстами по лицензии GNU. Официальная страница разработчика: <http://shounen.ru/soft/flashnul>.

Все тесты выполняются на уровне абстракции блочных устройств, они полностью применимы и к другим типам носителей (гибким дискам, винчестерам или компакт-дискам). В программу заложены шесть основных функций:

- ☐ тест чтения — проверка доступности каждого сектора носителя подобно программам проверки жестких дисков;
- ☐ тест записи — проверка возможности записи каждого сектора носителя;
- ☐ тест сохранности записанной информации — проверка соответствия записанной и прочитанной информации, аналогичная работе утилит для проверки оперативной памяти наподобие memtest, но уже в отношении флеш-накопителей;
- ☐ недеструктивная проверка чтения/записи — позволяет проверить доступность для записи каждого сектора устройства, не теряя записанные данные. После проверки блока данные, содержащиеся в этом блоке, записываются обратно;
- ☐ сохранение образа содержимого устройства — посекторное сохранение содержимого носителя в файл полностью или частично;
- ☐ загрузка образа в устройство — посекторная запись образа в устройство.

Из всех перечисленных функций для восстановления данных в основном нужна лишь одна — сохранение образа. Впрочем, после сохранения образа и успешного извлечения из него полезной информации следует провести глубокое тестирование накопителя и понять, в чем же крылась причина проблемы. Для этого утилита, невзирая на предельно скромный интерфейс, подходит как нельзя лучше.

Действия программы Flashnul зависят от параметров и аргументов, вводимых в командной строке. Для работы с физическими дисками программа должна запускаться от имени администратора — запустите окно интерпретатора командной строки: **Пуск** | **Выполнить** | `cmd`. Из командной строки запустите программу `flashnul.exe`. Можно делать это и непосредственно из диалогового окна **Выполнить**, но из окна командного интерпретатора удобнее запускать утилиту с различными параметрами.

Выполняемая без параметров или с параметром `-h` программа выводит на экран краткую справку. Файл подробной справки с примерами находится в архиве с дистрибутивом программы.

Для показа списка доступных устройств введите в командной строке `flashnul -p` и нажмите клавишу `<Enter>`. На экране появится список логических и физических дисков (рис. 9.7).

Чтобы ограничить список только физическими или только логическими дисками, используйте одно из двух значений параметра `-p`:

- ☐ `flashnul -p=1` — показ только физических дисков;
- ☐ `flashnul -p=2` — показ только логических дисков.

Рис. 9.7. Программа Flashnul: отображение списка доступных устройств

ПРИМЕЧАНИЕ

Если в ответ на выполнение команды напротив диска выводится значение (**-not available-**), устройство в системе присутствует, но обратиться к нему невозможно. Например, это может быть картридер, в котором нет карты памяти. В случае подключенного флеш-диска подобное сообщение — верный признак аппаратной неисправности устройства.

Для выполнения операций с диском в командной строке следует задать диск в качестве аргумента и параметр самой операции. Указывать диск можно двояко:

- ☐ по номеру физического диска в списке физических устройств, например, `flashnul 2` или `flashnul 0`;
- ☐ по букве логического диска, например, `flashnul a:`, `flashnul d:`, `flashnul E:`.

Если следом за указанием диска не заданы параметры операции, то программа просто выдаст сведения о диске. После этого она закроется, и вы вернетесь в интерпретатор командной строки.

Введите в командной строке команду `flashnul` с номером или буквой диска в качестве аргумента и нажмите клавишу <Enter>. Появятся сведения о диске (рис. 9.8).

Первые строки комментариев не требуют — это сведения о физической или эмулируемой геометрии диска, а также его емкости. Значения некоторых других параметров нуждаются в расшифровке:

- ☐ **Delta to near power of 2** — разница между истинным объемом и ближайшей степени числа 2. Значение порядка 1–2 % от объема диска нормально. Величины больше 10 % (т. е., 12 Мбайт для 128 Мбайт, 100 Мбайт для 1 Гбайт) свидетельствуют об уменьшении емкости накопителя обычно в результате отключения контроллером поврежденных блоков. Для жестких дисков эта строка не имеет смысла;
- ☐ **Surplus size** — разница между фактическим размером устройства и размером в CHS-адресации;

```

Администратор: C:\Windows\system32\cmd.exe - flashnul 1

C:\flashnul>flashnul 1

Disk PhysicalDrive1 <UNC name: \\.\PhysicalDrive1>
-----[Drive geometry]-----
Cylinders/heads/sectors   = 124/255/63
Bytes per sector          = 512
CHS size                  = 1019934720 <972 Mb>
-----[Device size]-----
Device size                = 1027604480 <980 Mb>
delta to near power of 2  = 46137344 <44 Mb>, 4%
Surplus size               = 7669760 <7490 kb>
-----[Adapter & Device properties]-----
Bus type                   = <?> USB
Removable device          = Yes
Command Queue             = Unsupported
Device vendor             = Kingston
Device name               = DataTraveler 2.0
Revision                  = PMA1P
Device serial              = ▼
-----[Hotplug info]-----
Device hotplug            = Yes
Media hotplug             = No

Press ENTER to exit.

```

Рис. 9.8. Сведения о диске

- ❑ **Removable device** — физически сменное или несменное устройство;
- ❑ **Command Queue** — поддержка очереди команд (NCQ, TCQ и т. д.);
- ❑ **Device Vendor** — производитель устройства. В этой строке приводится название устройства, сообщаемое его микропрограммой;
- ❑ **Device Name** — название устройства. Также получается от микропрограммы;
- ❑ **Revision** — версия (ревизия) устройства;
- ❑ **Device serial** — декодированный серийный номер устройства (во многих устройствах может отсутствовать);
- ❑ **Device hotplug** — возможна ли «горячая» замена устройства. Для большинства флеш-дисков USB это так, однако если в настройках устройства включено кеширование записи, устройство считается не поддерживающим отключение на ходу;
- ❑ **Media hotplug** — поддерживает ли носитель в устройстве «горячее» отключение. Это актуально для карт памяти в картридерах. Для флеш-дисков USB обычно указывается **No**, т. к. отключается не носитель информации, а все устройство целиком.

Однако наша главная задача — сохранить образ диска в файл. Для этого служит параметр **-S** (**--save**). Обратите внимание, что параметр может указываться как в сокращенном, так и в полном виде, но с двумя тире.

После параметра **-s** следует имя файла образа, в котором должна быть сохранена информация.

Дополнительный параметр **-r** (**--range**) задает диапазон адресов (байтов) исходного носителя, из которых должно проводиться чтение. Может принимать одно

или два значения, разделенных точкой с запятой (начало — конец). Каждое из этих значений — байты от начала устройства. Значения должны быть кратными размеру сектора, а максимальное значение ограничено двумя гигабайтами (2 147 483 647 байтов).

По умолчанию при сбое чтения операция прерывается. Чтобы программа игнорировала сбойные или недоступные блоки на накопителе, с которого проводится чтение, применяется параметр `-i` (`--ignore`). Он необходим, если в микросхеме флеш-памяти присутствуют дефектные блоки.

Примеры использования команды:

- ❑ Сохранить образ диска F: в файл C:\backup.bin:

```
flashnul f: -S C:\backup.bin
```

- ❑ Скопировать первые 16 384 байта с устройства l и вывести их в файл C:\image.img, игнорируя ошибки чтения:

```
flashnul l -S C:\image.img -r=0;16384 -i
```

При сохранении образа содержимое устройства не меняется, и для него операция безопасна. На работу с файлами образов существуют два ограничения:

- ❑ файл образа никогда не может быть перезаписан. Если файл образа — даже нулевого размера — существует, выполнение операции будет прервано. Благодаря этому пользователь не сможет случайно уничтожить уже созданный ранее образ;

```

Администратор: C:\Windows\system32\cmd.exe - flashnul 1 -S C:\backup.bin

C:\flashnul>flashnul 1 -S C:\backup.bin

Disk PhysicalDrive1 <UNC name: \\.\PhysicalDrive1>
-----[Drive geometry]-----
Cylinders/heads/sectors   = 124/255/63
Bytes per sector          = 512
CHS size                  = 1019934720 <972 Mb>
-----[Device size]-----
Device size               = 1027604480 <980 Mb>
delta to near power of 2  = 46137344 <44 Mb>, 4%
Surplus size              = 7669760 <7490 kb>
-----[Adapter & Device properties]-----
Bus type                  = <7> USB
Removable device         = Yes
Command Queue            = Unsupported
Device vendor             = Kingston
Device name              = DataTraveler 2.0
Revision                 = PMAF
Device serial            = 
-----[Hotplug info]-----
Device hotplug           = Yes
Media hotplug            = No
Reading 0x3d2d0000 <978 Mb>, 11845357 b/s
save finished
-----[Operation result]-----
passes:                  1
errors:                  0
read bytes:              1027604480 <980 Mb>
avg. read speed:         11846463 <11 Mb/s>
max/min read speed:      0 <0 b/s> / 0 <0 b/s>

Press ENTER to exit.
  
```

Рис. 9.9. Сохранение данных в файл образа

□ при первой же ошибке ввода/вывода на диске, куда записывается файл образа, вне зависимости от параметра `-i` (`--ignore`), выполнение операции будет прервано.

Введите команду с необходимыми параметрами. Вновь появятся подробные сведения о носителе, а образ диска будет сохранен в файл по указанному пути (рис. 9.9).

Все остальные параметры, подробно описанные в справке программы, нужны для тестирования флеш-накопителей. Выполнение команды `flashnul` с такими параметрами почти во всех случаях сопровождается записью и стиранием информации на диске. Пользоваться ими нужно очень осмотрительно и только после того, как удалось сохранить образ диска и восстановить из него необходимые данные.

Кроме утилиты `Flashnul`, образ диска легко снять и другими программами, обсуждавшимися в предыдущих главах. По большому счету, выбор зависит лишь от того, к какому из инструментов вы привыкли.

Восстановление данных с карт памяти

Карты памяти, за редкими исключениями — монолитные и почти неремонтопригодные конструкции. К счастью, телефоны, фотокамеры и прочие низковольтные гаджеты практически не способны сжечь их по питанию, а от статического электричества интерфейсные цепи неплохо защищены.

Поэтому чаще всего мы сталкиваемся с одной из трех проблем:

- загрязнение контактов;
- механические повреждения контактов;
- логические ошибки.

То, что карта «не читается» в телефоне или камере, еще не повод для беспокойства. Осмотрите внешние контакты, при необходимости очистите их и установите карту в компьютерный картридер. Затем проведите простейшую диагностику: определяется ли карта компьютером как устройство и доступна ли как диск, какова отображаемая емкость.

Восстановление контактов

С грязью и налетом на контактах справиться проще всего. Если не помогли сухая салфетка или туалетная бумага, протрите ламели тканью, смоченной спиртом. Для самых запущенных случаев остается радикальное средство — стирательная резинка. Важно только не переусердствовать, поскольку слой позолоты на контактах довольно тонок.

Ремонт поврежденных карт памяти — задача ювелирная. Если карта сломана пополам, сделать, скорее всего, ничего не удастся. Исправлению обычно поддаются лишь такие дефекты, как отрыв контактных дорожек.

Оторванную и задравшуюся контактную площадку обычно удастся приклеить на место каплей «моментального» клея, который наносится кончиком иглы под

лупой. Для реставрации площадок иногда применяют очень тонкую медную фольгу, а с остатками дорожки ее соединяют с помощью пайки или токопроводящего клея.

Если контактная площадка «вырвана с мясом», возможное решение — расчистить пластмассу скальпелем, насколько удастся, и нарастить остатки дорожек тонкими проводками. Их затем можно припаять к контактам или прямо к плате картридера. Каких-то определенных рекомендаций на этот счет не существует — все зависит от характера поломки и умения мастера.

Картридеры

Для работы обязательно потребуется хороший проверенный картридер. Не суть важно, будет ли он внешним USB-устройством, или блоком, подключаемым к колодке USB на материнской плате (рис. 9.10).



Рис. 9.10. Пример удачной конструкции картридера

Критериев выбора три:

- ☐ заявленная поддержка разных типов носителей — чем больше, тем лучше;
- ☐ надежные удобные слоты для карт разных форм-факторов. Предпочтение стоит отдать тем моделям, в которых предусмотрены отдельные слоты — опять же, чем больше слотов, тем лучше. В некоторых компактных картридерах всего один или два слота с контактами, расположенными в несколько рядов. За надежность такой конструкции нельзя поручиться, а нам важна уверенность в том, что каждый лепесток попал на свою контактную дорожку и плотно к ней прижимается;
- ☐ возможность разобрать картридер и подпаять провода к его плате. Как уже сказано, такая необходимость иногда возникает.

Картридеры чаще всего строятся на чипах Realtek или Ricoh. С поддержкой разных типов карт памяти различной емкости проблем обычно не возникает. Однако в случае сомнений полезно испытать устройство с таким же, заведомо исправным носителем — случаи аппаратной несовместимости очень редки, но все-таки известны.

Извлечение информации с карт памяти и их образов

С карт памяти, к которым есть доступ, или из сохраненных образов данные извлекаются точно так же, как и с жестких дисков. Для этого пригодна любая из программ, способных работать с блочными накопителями и файлами образов. Для программ R-Studio или Easy Recovery абсолютно не важно, с образом какого носителя они работают, — обработка ведется на уровне логических блоков.

Такие программы способны самостоятельно создавать образы почти любого носителя, хотя изредка могут зависать при чтении блоков с физическими дефектами. Из-за этого консольная утилита Flashnul — чтобы снять побайтный образ карты памяти или флеш-диска — нередко оказывается предпочтительнее.

Помимо мощных и универсальных программ, о которых шла речь в предыдущих главах, существует множество небольших, простых в использовании утилит, ориентированных на конечного пользователя. Во многих случаях «тяжелая артиллерия» не нужна — для восстановления случайно удаленных файлов или чтения носителя с логическими ошибками оказывается достаточно таких простых инструментов. Далее будут рассмотрены несколько приложений, которые созданы специально для извлечения с флеш-носителей утерянных данных.

Утилиты F-Recovery

Компания File Recovery Tools (www.filerecoverytools.com) представляет целую линейку продуктов для восстановления данных с флеш-карт. В настоящее время в нее входит семь приложений, каждое из которых нацелено на один из типов карт:

- ☐ F-Recovery for MemoryStick;
- ☐ F-Recovery for CompactFlash;
- ☐ F-Recovery for MultiMediaCard;
- ☐ F-Recovery for miniSD;
- ☐ F-Recovery for xD-Picture;
- ☐ F-Recovery for SmartMedia;
- ☐ F-Recovery for SD card.

Интерфейс и принцип работы всех программ совершенно одинаковы. Строго говоря, любая из этих утилит отлично справляется и с родственными задачами, например, извлечением данных с других типов карт или флеш-дисков USB. Однако программы от компании File Recovery Tools задумывались для работы с цифровыми камерами и восстанавливают в основном файлы мультимедиа, основываясь на их сигнатурах.

В качестве примера рассмотрим одно из приложений этой серии — F-Recovery for CompactFlash. Все восстановление состоит из трех простых шагов. До запуска программы вставьте проблемную карту в картридер. Когда носитель определится операционной системой, запустите программу (рис. 9.11).

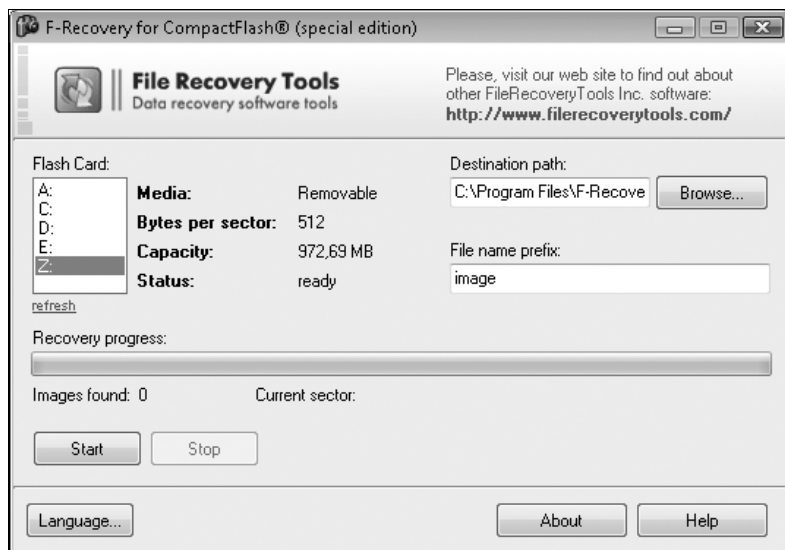


Рис. 9.11. Программа F-Recovery for CompactFlash

1. В списке **Flash Card** (флеш-карта) выберите носитель, с которого предстоит восстановить данные.
2. В текстовом поле ввода **Destination path** (Путь назначения) укажите папку, в которую следует поместить восстановленные файлы.
3. Нажмите кнопку **Start** (Пуск). Начнется сканирование карты.

Под индикатором **Recovery progress** (Ход восстановления) показывается число обнаруженных на карте файлов. Когда программа просканирует всю карту памяти, восстановленные с нее файлы будут помещены в указанную папку.

Таким образом, программы от File Recovery Tools даже не пытаются восстановить файловую систему и структуру директорий. Для карт памяти, работающих в фотокамерах, это совершенно излишне — все значимые файлы изображений находятся в одной папке! Как правило, она носит имя DCIM. Если на карте памяти и есть другие папки, то они обычно содержат файлы миниатюр для предпросмотра тех же самых изображений.

Программа Smart Flash Recovery

Утилита от компании Smart PC Solutions, Inc (www.smartpctools.com) — еще один пример простого решения, адресованного неподготовленным пользователям (рис. 9.12). Программа предназначена для поиска и восстановления удаленных файлов, а также восстановления информации после сбоя файловой системы или форматирования карт памяти и встроенной флеш-памяти цифровых камер.

С помощью раскрывающегося списка **Select a drive** (Выберите диск) укажите нужный носитель. В списке отображаются только флеш-накопители, обнаруженные в системе. В их числе USB-диски, карты памяти в картридере, подключенные фотоаппараты или мобильные телефоны.

В поле **File or mask to find** (Файл или маска для поиска) введите имя файла, который требуется найти и восстановить, либо выберите один из готовых шаблонов по типу файла (см. рис. 9.12). Если задать шаблон ***.*** (**All files**, все файлы), программа будет искать на носителе любые доступные файлы и папки. Для начала поиска нажмите большую кнопку **Find** (Искать) со значком лупы.



Рис. 9.12. Программа Smart Flash Recovery



Рис. 9.13. Результаты сканирования

Программа проанализирует записи файловой системы и по заданным критериям найдет файлы на диске. При этом будут найдены как существующие, так и удаленные файлы и папки.

После обработки таблиц файловой системы и поиска файлов появляется запрос **Scan free drive space?** (Сканировать свободное место на диске?). В случае утвердительного ответа программа сканирует всю оставшуюся часть диска и ищет в ней сохранившиеся файлы по сигнатурам. Так могут быть найдены файлы и после форматирования диска или серьезных ошибок файловой системы. В результате появится список найденных объектов (рис. 9.13).

В последней колонке списка для каждой записи отображается прогноз на восстановление (**Recoverability**). Он может быть хороший (**Good**) или плохой (**Poor**). Чтобы восстановить определенные файлы и папки, установите напротив них флажки и нажмите кнопку **Restore** (Восстановить). Выбранные папки и/или файлы будут помещены в указанную пользователем папку.

Программа ObjectRescue Pro

Программа ObjectRescue Pro (www.objectrescue.com) — простое, но универсальное средство восстановления данных. Особенность этой программы в том, что она построена по типу мастера и может работать практически с любыми носителями. Программа поддерживает все известные типы флеш-карт в мобильных цифровых устройствах.

Важно, что в настройках программы задается число попыток обращения к сбойным блокам. Иногда повторное чтение позволяет извлечь данные из нестабильно читающихся блоков, например, при незначительных аппаратных проблемах.

Слева в нижней части окна (рис. 9.14) находится кнопка **Меню**. Нажмите эту кнопку, и откроется меню из нескольких пунктов. Каждый из этих пунктов открывает окно настроек на одной из его вкладок. Обратите внимание на вкладку **Доступ к диску** (рис. 9.15):

- ☐ поле со счетчиком **Попытки повтора** задает количество попыток доступа к устойчиво читаемым или поврежденным блокам. По умолчанию программа пытается прочесть такие блоки до 10 раз, после чего переходит к следующему блоку;
- ☐ поле со счетчиком **Пауза между попытками повтора** задает интервал времени в миллисекундах между попытками обращения к недоступным блокам. По умолчанию эта задержка равна нулю, но при сканировании проблемных носителей время целесообразно увеличить;
- ☐ поле со счетчиком **Количество потоков поиска** позволяет ускорить сканирование больших носителей, если скорость передачи данных по интерфейсу существенно превышает скорость обращения к блокам внутри носителя. Если сканирование происходит в несколько потоков, общее время сканирования медленных носителей сокращается.

Назначение остальных вкладок и элементов управления явствует из подписей к ним. Как правило, изменять эти настройки не нужно. Настроив параметры обра-

щения к диску, нажмите кнопку **ОК**. Настройки будут сохранены, а окно **Свойства** закроется.

Весь процесс восстановления данных разбит на девять шагов. Каждому шагу посвящен очередной экран мастера программы ObjectRescue Pro. Указав необходимые параметры, нажимайте кнопку **ОК** для перехода к следующему шагу. Каждый

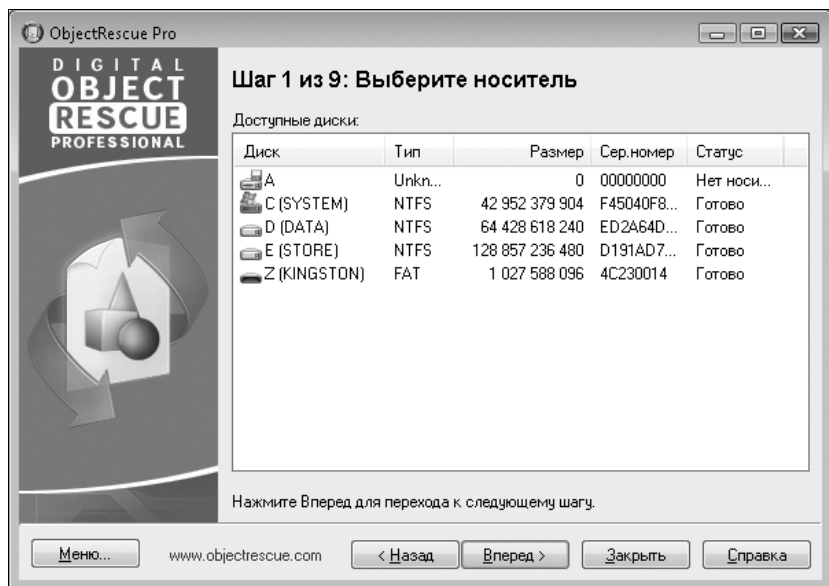


Рис. 9.14. Программа ObjectRescue Pro — выбор носителя

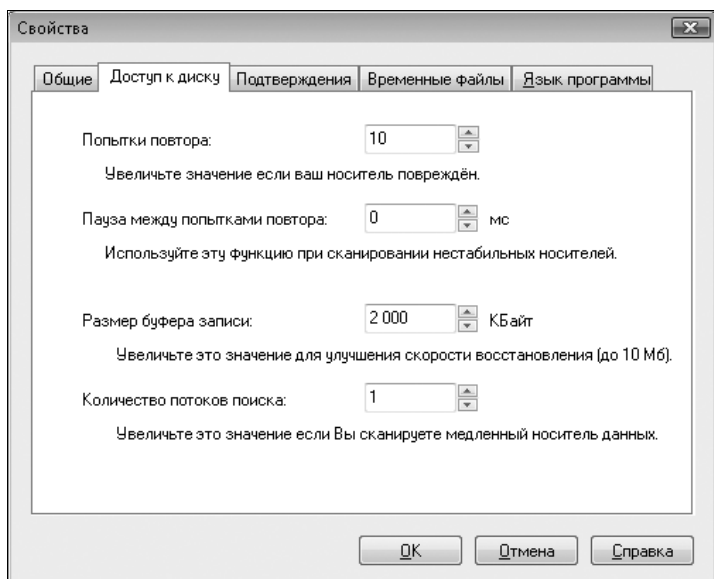


Рис. 9.15. Окно **Свойства**, вкладка **Доступ к диску**

шаг сопровождается подробными пояснениями, поэтому далее приводится только общая схема:

1. Выбор носителя (см. рис. 9.14).
2. Выбор типа файлов — установите флажки напротив тех типов файлов, которые нужно найти и восстановить. Можно также задать дополнительные параметры поиска (фильтры), например, время создания или размер файла.
3. Выбор вариантов сканирования: искать только удаленные либо и удаленные, и поврежденные файлы.
4. Выбор места для сохранения файлов. При этом можно задать восстановление всех найденных файлов по умолчанию, диск и папку для сохранения восстановленных файлов, а также то, нужно ли пытаться воссоздать исходное дерево файлов и папок или нет.
5. Сканирование файловой системы. На экране показывается число найденных файлов, удовлетворяющих заданным условиям, и их предварительный список. При этом можно запускать сканирование повторно, каждый раз нажимая кнопку **Старт** на этом экране.
6. Просмотр найденных файлов. В поле с полосой прокрутки приводятся записи обо всех файлах, найденных на предыдущем шаге. Для каждого файла показан параметр **Состояние**: **Live** — «живой», **Deleted** — удаленный или **Damaged** — поврежден. Каждый из файлов, перечисленных в списке, можно попытаться восстановить и сохранить (кнопка **Восстановить**) или восстановить и тут же открыть в ассоциированной с этим типом программе (кнопка **Попытаться открыть**).
7. Сканирование разделов диска. На диске ищутся все возможные файлы по сигнатурам, но файлы, уже найденные на шаге 5, пропусаются.
8. Просмотр найденных файлов. Как и на шаге 6, можно посмотреть или восстановить любые из обнаруженных на диске файлов.
9. Восстановление завершено. На последнем экране мастера предлагаются три действия:
 - открыть папку с восстановленными файлами;
 - выбрать другой диск для сканирования;
 - перейти на сайт разработчиков программы и оставить отзыв.

Таким образом, программа предлагает выполнить «восстановление в два прохода». Чаще всего с флеш-накопителей требуется извлечь вполне определенные и немногочисленные файлы. Если при анализе записей файловой системы удалось найти и восстановить нужный файл, этим можно ограничиться. Процедура анализа таблиц файловой системы происходит в десятки раз быстрее, чем полное сканирование накопителя. К долговому полному сканированию, по принципу функции Raw Recovery, прибегают, когда простым способом обнаружить искомые файлы не удалось.

Восстановление содержимого флеш-памяти плееров и камер

Большинство цифровых камер и MP3-плееров оборудованы встроенной флеш-памятью достаточно скромного объема. Обычно эта память становится доступной для чтения/записи, пока в гаджет не вставлена съемная карта памяти. В противном случае внутренний накопитель блокируется, и все операции осуществляются уже со съемным носителем.

Особенность встроенной флеш-памяти в том, что на практике до нее можно «достучаться» только через штатный USB-интерфейс камеры или плеера при условии их исправности. Операционная система компьютера определяет такую память как стандартный диск USB, и обычно он несет файловую систему FAT32.

Как и любое устройство хранения, встроенная память подвержена и физическим (bad-блоки), и чисто логическим ошибкам. Самая же частая проблема — нечаянное форматирование диска и удаление файлов.

Ремонта фотоаппаратов и плееров касаться не будем — это весьма обширная и специфическая тема. Скажем только, что контроллер, обслуживающий USB-интерфейс, основательно «завязан» на управляющий процессор гаджета и на его микропрограмму. Часть прошивки может храниться в служебной области той же флеш-памяти.

Считывание выпаянного чипа на программаторе в принципе возможно — это такая же память flash NAND, как и в любом диске USB. Правда, из-за миниатюризации она может быть выполнена в корпусах, для которых в аппаратно-программных комплексах не найдется подходящих панелек. Главный вопрос в обработке полученного дампа, т. к. его структура заметно отличается от обычных флеш-дисков USB, а сложные схемы чередования блоков впервые стали применяться именно в фототехнике.

Если гаджет выходит в готовность и его память определяется компьютером как подключенный съемный диск, восстановить содержимое пользовательской области достаточно просто. Как и с любого блочного устройства, с такого диска можно снять образ, в лучшем случае целиком восстановить ФС с файлами, а в худшем — извлечь файлы по их начальным фрагментам с сигнатурами. Весь необходимый инструментарий мы уже рассмотрели ранее — никакой особой специфики здесь нет.

При наличии bad-блоков (физически дефектных ячеек памяти) в процессе считывания образа гаджет легко может «зависнуть», дойдя до таких ячеек. В таком случае потребуется его полная перезагрузка, вплоть до грубого отсоединения аккумулятора.

Возможный выход — заметить номер логического блока, на котором происходит сбой, считать один частичный образ до него, а другой — после него. Практически все программы позволяют задавать номера начального и конечного блоков для создания образа — этим и воспользуемся! Дефектные блоки в таком случае будут обойдены. Из полученных образов, скорее всего, удастся извлечь файлы по сигнатурам с помощью R-Studio или другой подобной программы. Потерянными ока-

жутся лишь файлы, попавшие в дефектную область или «разрезанные» ей на две части.

Индийская компания Pro Data Doctor Pvt. Ltd (www.datadoctor.co.in) наряду со множеством других утилит предлагает две программы, нацеленные на восстановление информации из памяти плееров iPod. Это iPod Recovery Utility (рис. 9.16) и Recover iPod Songs.

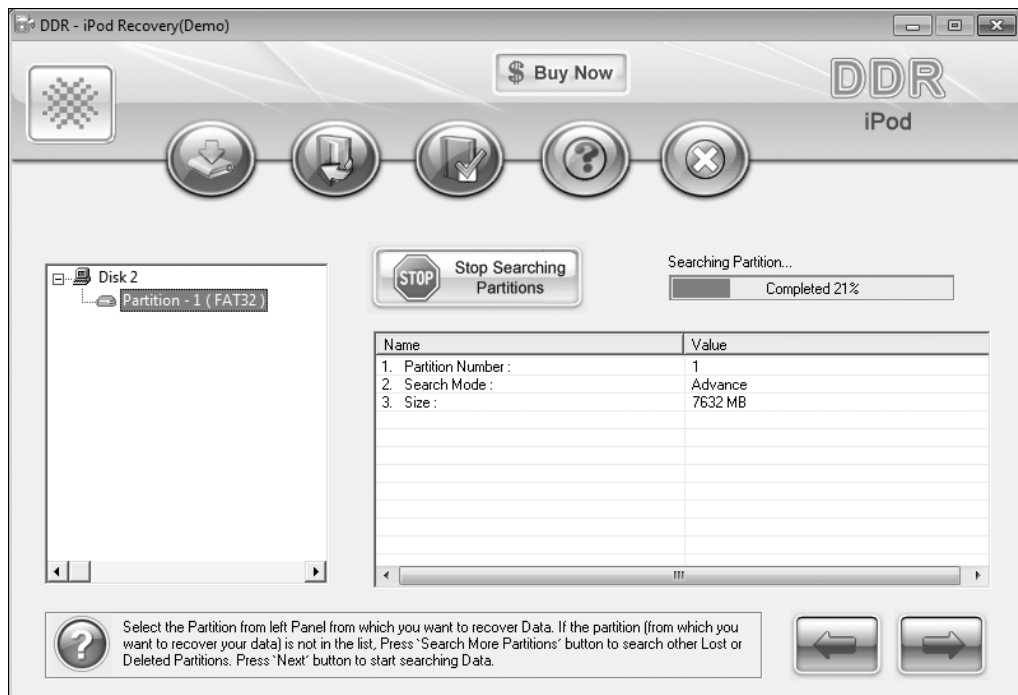


Рис. 9.16. Окно iPod Recovery Utility: сканирование флеш-памяти

Обе программы восстанавливают как случайно удаленные музыкальные записи на плеерах iPod, так и другие файлы распространенных форматов мультимедиа (3GP, AAC, MPG, MPEG, MP3, M4A, M4B, M4P, M4V, MP4, WAV, AIF, JPEG, GIF) с любых флеш-носителей. Чтобы не повторяться, скажем, что работают эти утилиты по сценарию, общепринятому в области восстановления файлов.

Мастер проводит вас через несколько шагов: выбор носителя, поиск файловых систем на нем, выбор ФС для восстановления, просмотр обнаруженной структуры и отдельных файлов, выбор данных на восстановление, сохранение извлеченных данных. Для нормальной работы программы следует предварительно деинсталлировать программу iTunes (если она была установлена), чтобы избежать конфликтов при обращении к памяти плеера.

В программе iPod Recovery Utility предусмотрено два режима: стандартный поиск (Standard Search) и расширенный поиск (Advanced Search). Первый опирается на анализ записей файловой системы и выполняется быстрее, второй же основан на сканировании всего содержимого диска и поиске сигнатур. Метод поиска выбира-

ется на первом шаге мастера. Разработчики рекомендуют по очереди использовать оба метода — в таком случае будет обнаружено и восстановлено наибольшее количество файлов.

«Контрольная сумма»

Главная особенность работы с флеш-дисками заключается в том, что содержимое флеш-памяти можно считывать и штатным контроллером накопителя, и самостоятельными программаторами. В первом случае необходимо обеспечить аппаратную исправность флеш-диска, во втором — требуется довольно дорогой программатор.

Практически все программаторы, работающие с микросхемами flash NAND, выпускаются в составе программно-аппаратных комплексов. Программная часть такого комплекса необходима для корректной сборки образа диска из «сырого» дампа, который выдает программатор.

В остальном извлечение данных с флеш-накопителей происходит так же, как и с любых носителей. «Вне конкурса» в этой области стоит все та же программа R-Studio — мощный и тонко настраиваемый инструмент мастера по восстановлению данных. Многочисленные небольшие утилиты тоже заслуживают внимания. Они вряд ли способны на что-то большее, чем R-Studio, но для обычных пользователей важны простота и наглядность.

Все сказанное о флеш-дисках в полной мере относится и к встроенной флеш-памяти различных гаджетов. Очевидно, задача восстановления содержимого плееров не так востребована — любую музыку бывает проще найти в Интернете и заново скачать, чем восстанавливать. Пользователям же фотокамер остается вновь порекомендовать то, с чего начиналась эта книга — чаще делайте резервные копии!

ГЛАВА 10



Восстановление данных с дисков SSD

Для массовых пользователей твердотельные диски (Solid State Disk, SSD) являются относительно новым веянием. Как уже сказано, в «больших компьютерах» SSD применяются очень давно, но широкому их распространению долго мешала запредельная стоимость. Впрочем, в пересчете на единицу емкости цена SSD по сравнению с винчестерами до сих пор остается довольно высокой!

Не стоит воспринимать SSD просто как «большую и быструю флешку». К твердотельным дискам предъявляются иные требования, чем к «заменителям дискет», и в них воплощены весьма специфические решения. Прежде всего, это развитая схема чередования блоков (в SSD чипов флеш-памяти всегда несколько) и технология выравнивания износа ячеек. Флеш-память часто представлена чипами MLC (Multi-Level Cell), в которых каждая ячейка памяти может находиться не в одном из двух, а в одном из нескольких дискретных состояний.

Наконец, твердотельным накопителям обязана своим появлением новая команда TRIM, добавленная к стандартному набору ATA-команд. Она опровергает казавшееся незыблемым положение о том, что «удаленные данные физически остаются на диске, пока блоки не будут перезаписаны новыми данными», а понятие «тримминг» заставляет пересмотреть саму идею восстановления информации!

Устройство твердотельных накопителей

В наши дни SSD на массовом рынке представлены в трех основных видах:

- SSD с интерфейсом SATA в стандартных форм-факторах 3,5", 2,5" или 1,8";
- SSD, интегрированные в материнские платы нетбуков и ноутбуков (см. рис. 1.8);
- SSD в виде платы PCI (PCI-E). Такая конструкция встречается реже.

Если оставить в стороне последний вариант, типичный твердотельный диск состоит из управляющего процессора, нескольких микросхем флеш-памяти NAND, микросхемы (иногда нескольких) памяти DDR — кеша данных, чипа EEPROM с микропрограммой и элементов обвязки (рис. 10.1). Монтаж на плате бывает одно-сторонним или двухсторонним. Существуют конструкции с двумя платами — что-

бы уменьшить габариты в плане, часть чипов флеш-памяти выносят на дополнительную плату.

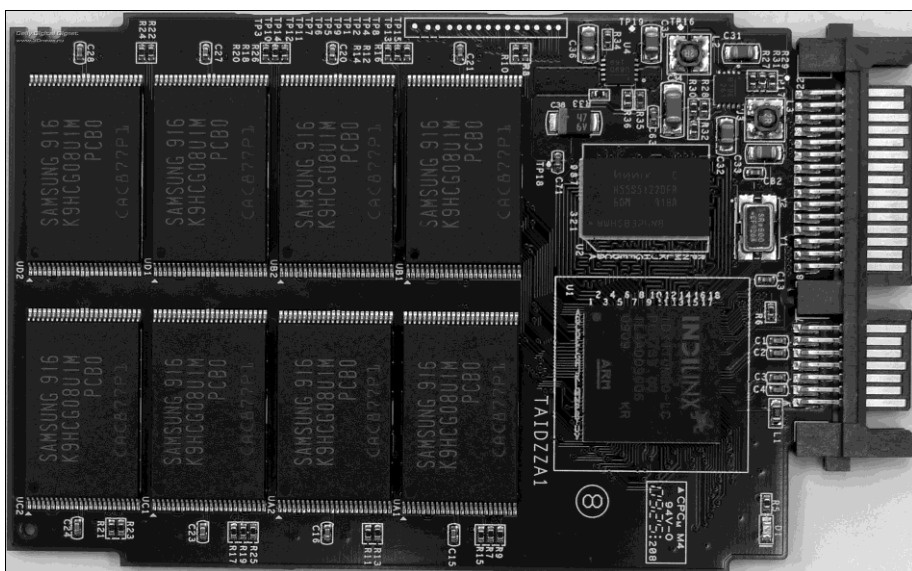


Рис. 10.1. Плата SSD с интерфейсом SATA

Особой разновидностью являются решения с двумя самостоятельными контроллерами, каждый из которых обслуживает свой пул флеш-памяти, и RAID-контроллером. Последний функционирует прозрачно для интерфейса SATA. Благодаря этому со стороны SATA такой «внутренний массив» ничем, кроме скорости работы, не отличается от обычного диска.

В виде плат расширения, как правило, выпускают дорогие «топовые» модели SSD. Архитектурно это контроллер PCI SATA с подключенным к нему и смонтированным на той же плате твердотельным накопителем. На рис. 10.2 показан пример такого диска производства компании OCZ. Примечательно, что он является еще и RAID-моделью — хорошо видны две симметричные группы чипов NAND, каждая со своим контроллером.

За недолгую историю твердотельных дисков широкого применения уже сменилось два их поколения. Производителей чипов для SSD не так уж много, и по наборам используемых элементов условно выделяют четыре (пока) типа накопителей SSD:

- ❑ **первое поколение:** Тип 1. Контроллер JMicron 602(B) + NAND (MLC) Hitachi, Samsung, Intel(Micron). Производительность ограничивается в основном контроллером. В некоторых накопителях установлена пара контроллеров. Поддержка команды TRIM не предусмотрена;
- ❑ **второе поколение:**
 - Тип 2. Контроллер Indilinx LC(B) + NAND (MLC, SLC) Samsung, Intel (Micron) + кеш Elpida 64 Мбайт. Поддержка тримминга и показатели чтения/записи зависят от версии прошивки;

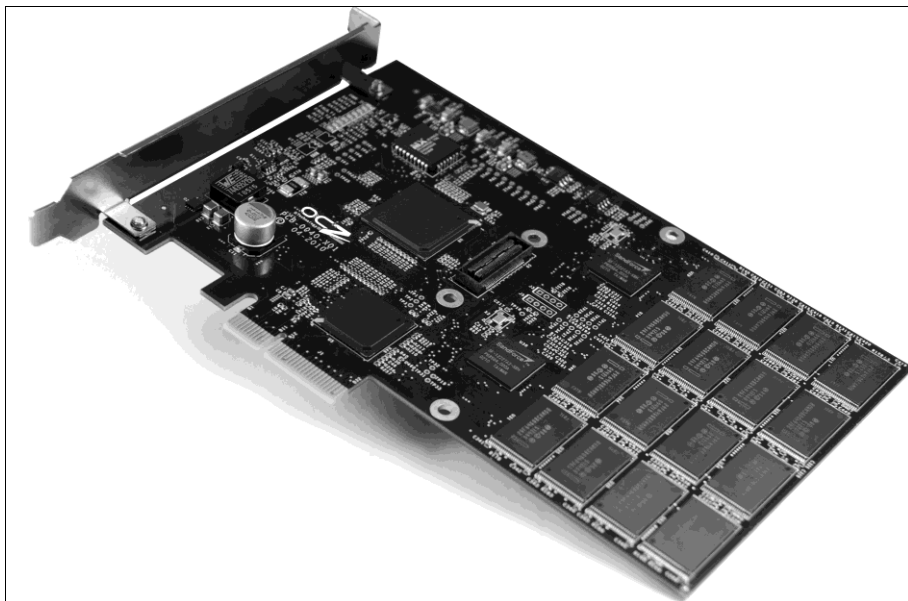


Рис. 10.2. SSD в виде платы расширения PCI-E

- Тип 3. Контроллер Samsung ARM + NAND Samsung (MLC,SLC) + кеш Samsung 64, 128 Мбайт. Отличается высокой скоростью чтения. Микропрограмма, как правило, не подлежит обновлению. Поддержка тримминга отсутствует;
- Тип 4. Контроллер Intel + NAND (MLC,SLC) Intel (Micron 50 нм, 34 нм) + кеш Samsung или Micron 16, 32, 64 Мбайт. Высокие абсолютные показатели только чтения. В случае использования микросхем MLC — низкая, но постоянная скорость записи. С чипами SLC скорость записи наоборот, высокая, но падает по мере заполнения диска. Поддержка тримминга зависит от версии прошивки.

О какой-либо статистике типичных отказов, равно как и о методиках ремонта дисков SSD, говорить пока рано. Хотя в Сети появился сайт www.pc-ssd.ru, целиком посвященный твердотельным накопителям, материалов на нем еще мало. Тем не менее, общая тактика извлечения информации с SSD достаточно ясна:

- ☐ начинать следует с простого — первое уязвимое место любого устройства: его разъемы и внешние контакты;
- ☐ следующий объект для проверки — цепи питания и элементы обвязки;
- ☐ сами по себе микросхемы флеш-памяти довольно надежны, и полный выход из строя чипа маловероятен. Другое дело — дефекты отдельных ячеек, не приводящие к потере работоспособности микросхемы в целом. Однако в SSD задействованы мощные алгоритмы самопроверки и переназначения сбойных блоков. О способности компенсировать внутренние ошибки говорит тот факт, что под переназначение блоков в SSD номинальной емкостью 128 Гбайт зарезервировано около 10 % ячеек;

□ неисправности контроллера и разрушение микропрограммы — наиболее серьезная проблема. Отделить одно от другого на практике сложно, а «программный ремонт» путем перепрошивки закономерно ведет к полной очистке пользовательской области. Поэтому наиболее логичным выходом видится отпайка микросхем, их прямое считывание и последующая сборка образа диска.

Интересные наработки в этой области принадлежат компании ACELab. Она выпустила обновленную версию программно-аппаратного комплекса, способную работать с дампами микросхем памяти SSD. Однако полностью уповать на этот инструмент не стоит, и тому есть ряд причин.

Особенности логической структуры SSD-дисков

На первый взгляд, SSD является стандартным блочным устройством, как, например, жесткий диск или флеш-диск USB. Однако это справедливо, только если «проводить разрез» на уровне интерфейса SATA. Если заглянуть чуть выше (на уровень драйверов операционной системы) или чуть ниже (во внутреннюю архитектуру диска), все оказывается далеко не так просто.

Страничная организация SSD

Напомним, что минимальной единицей адресации является блок LBA, он же сектор, размером 512 байтов. На практике операционная система и файловая система всегда оперируют целыми кластерами кратного размера.

Физически SSD состоят из миллионов ячеек флеш-памяти NAND. Запись в них не может производиться поштучно, а только группами (обычно по 4 Кбайт) — так называемыми *страницами*. Со стиранием информации дело обстоит иначе. Очистка производится блоками, состоящими из 128 страниц (512 Кбайт).

Почему это так, а не иначе — отдельная история. Она связана с технологией производства памяти, а конкретно с тем, что количество пересечений проводников строго ограничено. Поэтому конструкторы из всех зол выбрали меньшее.

Именно различие между размерами блоков LBA, чтения/записи и стирания является камнем преткновения для SSD. Для памяти NAND запись и стирание — две отдельные операции. Чтобы записать порцию информации, сначала нужно считать и кешировать весь блок стирания, очистить занимаемые ячейки, а затем записать его обратно, но уже с изменениями.

Получается, что при записи какого-то количества данных реально считывается, очищается и записывается гораздо больший объем ячеек! Этот неприятный фактор еще более усложняется тем, что часть ячеек может хранить остатки уже удаленных из файловой системы файлов. Электроника SSD сама по себе «не знает», содержащее каких ячеек уже можно удалить безвозвратно.

Результатом является «феномен старого диска». На совершенно новом SSD ячейки пусты, и запись в них возможна без предварительной очистки. По мере за-

полнения диска таких чистых блоков остается все меньше. Пусть данные были давно удалены на уровне файловой системы, на физическом уровне соответствующие ячейки необходимо очистить, и делается это непосредственно перед записью в них новой информации. Со временем реальная скорость записи все падает и падает.

Проблема TRIM

Чтобы исключить «феномен старого диска», в спецификацию ATA была добавлена инструкция TRIM. Она в буквальном смысле спасает твердотельные накопители от лишней работы и оптимизирует использование освобождающихся ячеек.

Поддержка низкоуровневой команды TRIM появилась в Windows 7. Теперь при любом удалении данных (необратимом, а не простом перемещении в Корзину) вместе с адресами нахождения удаляемых файлов посылается и команда TRIM. Она «объясняет» SSD, что указанные области более не содержат действительных данных, и поддерживать их состояние не следует. При первом же стирании блока в такие ячейки не будут возвращаться хранившиеся в них значения, они останутся очищенными. Теперь данные в заранее обнуленные ячейки будут записываться немедленно!

Тем самым проблема снижения скорости записи решается, зато возникает «проблема TRIM». Мы давно привыкли, что при удалении данных сначала лишь изменяются записи файловой системы, а содержимое кластеров с «телом» файла долгое время остается нетронутым. Точно так же при многих сбоях файловой системы повреждаются только сведения о размещении файлов и другие атрибуты, а сама информация вполне может быть восстановлена. Безвозвратно данные уничтожаются не ранее того, когда на их место записываются новые.

Если операционная система и сам твердотельный диск работают с инструкцией TRIM, все происходит иначе. Фактическое обнуление неиспользуемых ячеек выполняется при каждом удобном случае, например, когда изменяются любые данные, расположенные в одном с ними блоке стирания. Если учитывать, что размер стираемого блока составляет 512 Кбайт для одного чипа флеш-памяти, на реальном диске с 4, 8 или 16 чипами удаленные данные уничтожаются без возможности восстановления очень быстро.

Простые эксперименты с удалением данных и попытками их восстановления различными программами показали, что на современных дисках SSD в Windows 7 так и происходит. Более того, программы восстановления вроде бы находят некоторые удаленные файлы, но после их извлечения выясняется, что содержимое безнадежно испорчено. Из-за чередования чипов какие-то фрагменты файла, возможно, сохранились, но остальные давно уже были переписаны нулями.

Если пользователь удаляет файлы и папки с SSD, нужно быть готовым к тому, что «раз умерла — значит умерла!». Поскольку микропрограмма накопителя очищает не используемые файловой системой ячейки при первой же возможности, восстановить эти данные не поможет ни одно средство.

Встроенные SSD нетбуков

Что бы ни говорилось, твердотельные диски пока остаются довольно дорогим удовольствием. В настольных компьютерах они по-прежнему «экзотика». Далеко не каждый ремонтник может похвалиться опытом общения с SSD. Зато нетбуки со встроенными твердотельными накопителями (см. рис. 1.8) попадают в сервисные центры регулярно.

Большинство опытных, и даже не самых опытных, пользователей знают, как извлечь данные с винчестера после полного «падения» системы. Достаточно подключить его к другому компьютеру и скопировать все, что нужно. Когда разрушена логическая структура, на другом компьютере легко запустить программы R-Studio, GetDataBack и т. п.

Наиболее «продвинутые» вспомнят еще и о LiveCD, например, Hiren's BootCD (www.hirens.ru) или ZverDVD + AlkidSE (www.zvercd.com). Компьютер загружает с лазерного диска графическую среду. В ней есть огромный набор приложений, в том числе и для восстановления данных, а также организована поддержка носителей USB и сети, чтобы скопировать информацию.

Если предусмотрительный пользователь заранее переназначил стандартные папки для документов на диск, отличный от системного, все еще проще. Спокойно можно пожертвовать всем содержимым диска C: (документов-то на нем нет!) и попросту установить Windows заново.

Зато крах операционной системы на нетбуке с интегрированным SSD приводит многих в состояние, близкое к панике! Во-первых, вынуть диск и подключить его к чему-либо нельзя. Во-вторых, на диске нетбука производители всегда создают только один раздел (скрытый загрузочный раздел Windows 7 или скрытый раздел восстановления системы не в счет). Переустановка системы отпадает — при ней данные с диска C: будут утрачены.

Скажем сразу — решение в загрузке нетбука с LiveCD. Разумеется, не с лазерного, а с загрузочного флеш-диска USB, на котором находится образ системы. Для создания такого носителя существуют готовые образы в формате Norton Ghost (GHO), либо наборы, состоящие из утилиты форматирования «флешки» и ISO-образа.

Создание загрузочного флеш-диска не всегда проходит гладко. Существуют модели, сделать которые загрузочными проблематично. Известны и случаи несовместимости некоторых моделей флеш-дисков и конкретных конфигураций: одни компьютеры с такой «флешки» загружаются нормально, а другие упорно отказываются. Аналогично, не стоит забывать и о несовместимости определенных образов LiveCD с конкретными аппаратными платформами.

Во всех таких случаях выход один — экспериментировать с разными флеш-дисками, утилитами форматирования и их настройками, а также различными версиями разных сборок ОС. Благо, флеш-диски USB давно уже отнесены к «расходным материалам», а образов LiveCD в Интернете великое множество!

Тактика и практика восстановления данных со встроенных дисков

Среди всех ситуаций, в которых бывает нужно извлечь данные с интегрированного диска нетбука, можно выделить три типичных. Основные программные инструменты для этого мы уже рассматривали, поэтому просто опишем признаки ситуации и приведем общий план действий.

Аппаратные неисправности нетбука

Если компьютер вообще не включается, не проходит POST, либо зависает в процессе загрузки с заведомо исправного носителя, следует думать об аппаратных неполадках. Наиболее неприятный случай, однако и при нем не стоит сразу опускать руки. У вас есть два принципиальных решения: попытаться отремонтировать нетбук либо выпаять микросхемы SSD и считать их на программно-аппаратном комплексе.

Если после нажатия кнопки питания компьютер «подает признаки жизни», но изображение на экране отсутствует, в первую очередь попробуйте присоединить внешний монитор. Тем самым вы сразу исключите из числа препятствий неисправности матрицы, ее шлейфа и подсветки. Возможно, нужные файлы удастся скопировать на «флешку» или в сетевую папку самым обычным образом.

«Нетбук вообще не включается» — распространенный симптом. Причины могут быть любыми, и в таком случае переадресуем вас, уважаемый читатель, на соответствующие тематические форумы. Если проблема была локализована в цепях питания, пайке чипсета и процессора, памяти и т. п., данные в SSD могли вообще не пострадать. После успешного ремонта гаджет, скорее всего, даже загрузит ОС как ни в чем не бывало!

Если же ремонт не дал результатов, остаются демонтаж чипов с получением дампов на программаторе. Упомянувшийся комплекс от ACE Lab работает со многими наборами микросхем, используемыми в качестве SSD в нетбуках, и это одно из наиболее востребованных его применений.

Критический сбой ОС

Повреждение системных файлов, действия вирусов и другие подобные причины приводят к тому, что загрузить нетбук обычным образом не удастся. Штатное обращение к содержимому диска в этом случае невозможно, но ФС и пользовательские данные, скорее всего, целы.

Попытайтесь загрузить нетбук в безопасном режиме (нажав клавишу <F8> в начале загрузки). Отчего бы не попробовать? В противном случае проще всего загрузить графическую среду (Windows или Linux) с флеш-диска LiveCD и спокойно скопировать все необходимые файлы.

Существенно, что Linux игнорирует разрешения NTFS, и доступ ко всему содержимому диска вы получите без проблем. Если же загружать Windows, эти раз-

решения могут помешать обращению к личным папкам пользователя. В таком случае назначьте себя владельцем папки Users (Windows 7) или Documents and Settings (Windows XP) и всех ее подконтейнеров:

1. Вызовите диалоговое окно **Свойства папки** (Панель управления | **Свойства папки**).
2. На вкладке **Вид** снимите флажок **Использовать простой общий доступ к файлам (рекомендуется)**. В результате станет доступным управление разрешениями безопасности.
3. Щелкните правой кнопкой мыши на нужной папке и выберите в контекстном меню команду **Свойства**. Откроется диалоговое окно свойств указанной папки.
4. На вкладке **Безопасность** нажмите кнопку **Дополнительно**. Откроется дочернее диалоговое окно **Дополнительные параметры безопасности**.
5. На вкладке **Владелец** (рис. 10.3) выберите свою учетную запись или группу, к которой она принадлежит, например, Администраторы. Установите флажок **Заменить владельца субконтейнеров и объектов** и нажмите кнопку **Применить**.
6. Закройте все диалоговые окна, последовательно нажимая в них кнопку **ОК**.

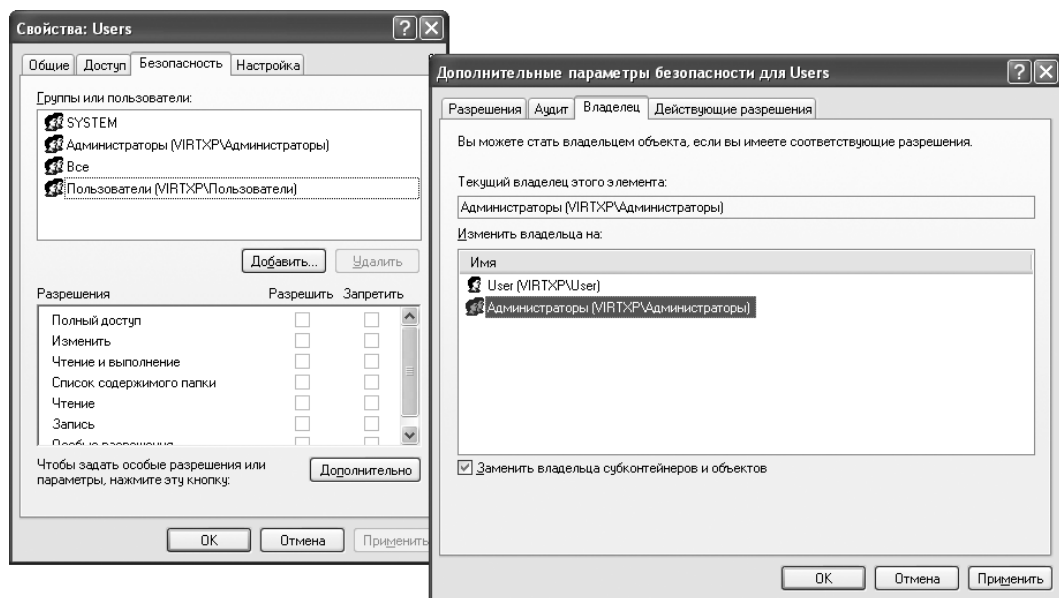


Рис. 10.3. Смена владельца объекта

Куда и как сохранять файлы? Здесь есть несколько вариантов:

- на флеш-диск USB. Проблема только в его емкости, но на нетбуках редко хранят большой объем информации;
- на внешний винчестер, подключенный по USB;
- по сети на другой компьютер. Видимо, это оптимальное решение!

СОВЕТ

При желании вы можете попробовать «вылечить» установленную на нетбуке ОС. Если пользователь не помнит свои учетные записи и пароли к электронной почте, ICQ или Skype, такая попытка вполне оправдана по сравнению с переустановкой системы. Основными приемами являются запуск антивирусных утилит, копирование недостающих или испорченных файлов системы, а также «высший пилотаж» — подгрузка, правка и выгрузка кустов реестра. Однако это уже совсем другая история!

Повреждение логической структуры диска

По своим симптомам эта неполадка очень похожа на предыдущую. Скорее всего, загрузка ОС прервется на самом раннем этапе. В таком случае можно сделать одно из двух:

- ❑ запустить с LiveCD одну из программ восстановления данных и работать непосредственно с диском нетбука;
- ❑ сначала создать посекторный образ SSD нетбука на другом носителе, а работать уже с файлом образа. DOS-утилиты в этом случае отпадают, поскольку организовать поддержку сети будет проблематично. Остаются программы, запускаемые из Windows, например, R-Studio.

Вы даже можете создать побайтовый образ SSD с помощью Acronis True Image. Поскольку со сжатым образом в формате TIB популярные программы восстановления работать не могут, предварительно следует развернуть его на физический или виртуальный диск виртуальной машины. Серьезное достоинство утилиты Acronis — поддержка практически любых конфигураций «железа», в том числе различных сетевых карт.

Словом, выбор вариантов достаточно широк! Остановитесь на той загружаемой среде, которая обеспечит поддержку сети и работу нужных вам программ.

«Контрольная сумма»

Твердотельные диски еще не стали массовым товаром, но дело к тому идет. Важная особенность современных моделей SSD с поддержкой технологии TRIM заключается в том, что после удаления с них информации она очень скоро исчезает безвозвратно.

Восстановление данных с твердотельных дисков имеет много общего с работой над флеш-дисками USB. Одно решение — ремонт, где это возможно, и чтение штатными средствами, другое — считывание микросхем памяти на программаторе с последующей сборкой образа диска.

Для второго способа требуется программно-аппаратный комплекс, например, PC-3000 Flash SSD Edition. В обновления программы входят конфигурационные файлы для очередных моделей SSD, так что ее возможности постепенно расширяются.

Чтобы получить доступ к встроенному твердотельному диску нетбука, во многих случаях достаточно загрузить портативный компьютер с загрузочного флеш-диска. Дальнейшая тактика зависит от того, в чем заключаются неполадки SSD. Вы можете либо запустить программу восстановления данных непосредственно с флеш-диска, либо снять образ SSD и работать уже с образом.

ГЛАВА 11



Восстановление данных с SIM-карт

SIM-карта (Subscriber Identity Module, идентификационный модуль мобильного абонента) является важнейшей частью мобильных телефонов стандарта GSM. Основная ее задача — безопасная идентификация телефона в сети.

SIM-карта относится к категории смарт-карт. К дискам в привычном понимании она никакого отношения не имеет. Накопителем ее справедливо назвать ровно настолько, насколько, например, и нетбук со встроенным твердотельным диском. Хранение данных, например списка телефонных номеров или коротких сообщений, является дополнительной второстепенной функцией.

Тем не менее некоторые пользовательские данные в SIM-картах есть! Иногда возникает потребность в их извлечении, и занимаются этим обычно не «телефонисты», а «компьютерщики».

Архитектура SIM-карты

Несмотря на крошечные размеры, по своей архитектуре SIM-карта является законченным микрокомпьютером. Он построен на базе 8-разрядного процессора, совместимого с системой команд Intel 8051, Motorola 6805 или Hitachi H8. Процессор SIM-карты поддерживает набор из 18 команд стандарта SIM Tool Kit (STK).

Кроме процессора, микрокомпьютер содержит память трех видов: постоянную (ROM, Read Only Memory), перепрограммируемую энергонезависимую (EEPROM, или NVM, Non-Volatile Memory) и память с произвольным доступом (RAM, Random Access Memory). Физически все они выполнены в одном бескорпусном чипе вместе с процессором (рис. 11.1).

Память ROM объемом от 10 до 90 Кбайт хранит операционную систему SIM-карты. Как и на любую другую ОС, на нее возложены задачи ввода/вывода, а главная особенность — обязательные аутентификации по PIN-коду и PUK-коду и шифрование всех данных.

В последнее время все большее распространение получают чипы, в которых роль ROM играет часть памяти NVM (NVRAM). Память NVM обладает лучшим быстродействием (3–10 мс на операцию записи), а то, что она перезаписываемая, позволяет оптимизировать процесс производства готовых SIM-карт.

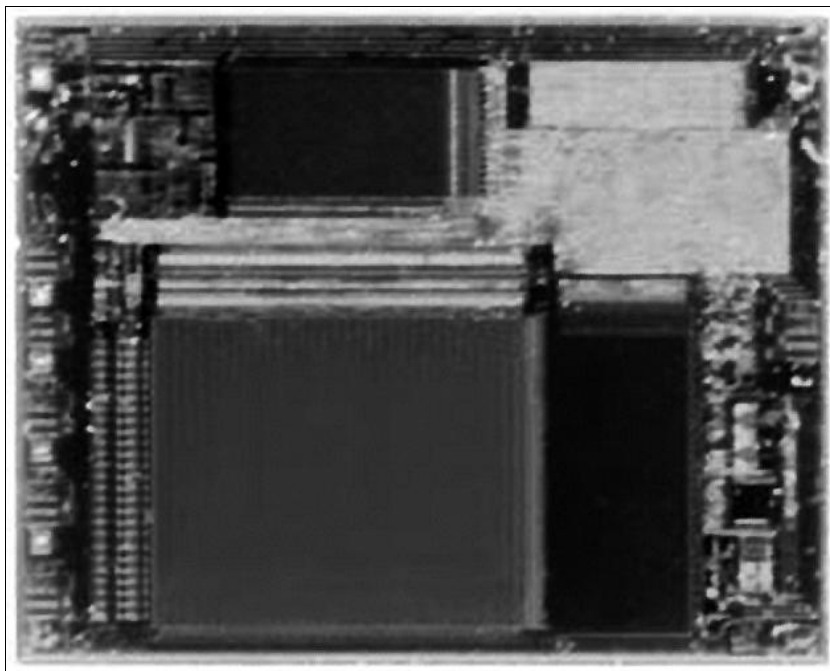


Рис. 11.1. Кристалл SIM-карты

Ячейки NVM общим объемом от 8 до 64 Кбайт несут различную секретную информацию, необходимую для авторизации карты в сети. Энергонезависимая память отчасти программируется дистанционно, оператором сети. В целях безопасности служебная часть перепрограммируемой памяти, в которой хранятся международный идентификационный номер абонента мобильной связи (International Mobile Subscriber Identity, IMSI), его индивидуальный ключ шифрования (Ki) и программа криптографического алгоритма (A3), доступна только внутреннему процессору SIM-карты. Чтобы считать эти данные извне, необходимо сначала передать процессору PIN-код или PUK-код, уникальные для каждого экземпляра устройства. Помимо того, NVM хранит пользовательскую информацию, которая нас обычно и интересует.

Производители гарантируют около 100 000 циклов перезаписи ячеек NVM. Это означает, что реальный срок службы любой смарт-карты ограничен — для SIM-карт он составляет приблизительно 3–5 лет.

Объем оперативной памяти (RAM) на SIM-карте невелик и составляет, как правило, всего от 256 байтов до нескольких килобайт. Память RAM используется для хранения временных переменных.

Хранение данных в SIM-карте

Пользовательская информация хранится в ячейках энергонезависимой памяти NVM. Для этого в ней создается простая и своеобразная файловая система (рис. 11.2). Поскольку файловая система SIM-карты целиком и полностью «завязана

на» на функциональность сетей сотовой связи, часто ее называют файловой системой GSM.

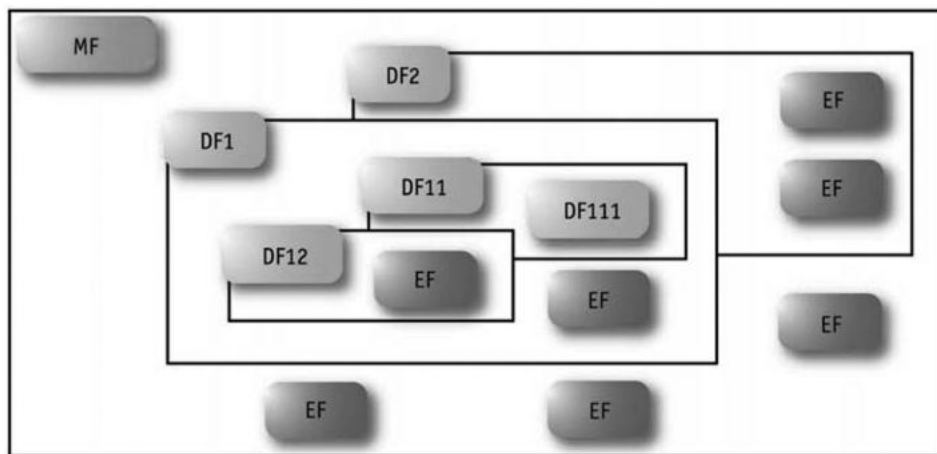


Рис. 11.2. Схема файловой системы GSM

В корневом каталоге MF (Master File) находятся подкаталоги DF (Dedicated Files) и элементарные файлы EF (Elementary File). В подкаталогах хранятся сами файлы. Элементарные файлы EF содержат служебную информацию, например код IMSI абонента, список языков и т. д. Каждый файл состоит из заголовка (header) и тела (body). Заголовок описывает структуру файла и его атрибуты, а тело содержит данные. Файлы на SIM-карте бывают трех типов: прозрачные, линейные и циклические:

- ❑ **прозрачный** файл является обычным двоичным файлом. Он состоит из последовательности байтов, доступных по отдельности и блоками. Блок описывается относительным адресом (offset) и длиной (length);
- ❑ **линейный** (линейно-фиксированный) файл состоит из записей (records) фиксированной длины, расположенных последовательно. Максимальный объем такого файла составляет 255 записей по 255 байтов без учета расширения. В таком виде хранятся записи телефонного справочника или сохраненные сообщения SMS;
- ❑ **циклический** файл содержит определенное число записей фиксированной длины. Он построен по типу стека: каждая новая запись всегда попадает на первую позицию, а последняя запись оказывается затертой. В этих файлах содержатся списки последних вызовов и некоторая другая вспомогательная информация.

Файловая система SIM-карты как нельзя лучше иллюстрирует положение о том, что любая ФС по сути является базой данных. Поскольку в SIM-карте и вычислительные ресурсы процессора, и объем памяти крайне ограничены, логика ФС идеально «подогнана» под характер хранящихся в ней сведений. Прозрачные файлы считываются и записываются целиком. В линейно-фиксированных файлах, состоящих из записей, нужно в дополнение указать, к какой именно из них следует обращаться. Отличие циклического файла заключается в том, что если выбрана послед-

няя запись в файле и поступила команда выбрать следующую, в циклическом файле будет выбрана первая запись.

Особенность файловой системы GSM в том, что имена большинства файлов и их расположение (смещение относительно начала области пользовательской памяти) строго регламентированы. Многие файлы даже не поименованы: они находятся всегда по одним и тем же смещениям, и обычно их указывают просто адресом начальной ячейки. Например:

- 0x6F05 — Language preference (язык);
- 0x6F07 — International Mobile Subscriber Identity, IMSI (международный идентификационный номер абонента мобильной связи);
- 0x6F39 — Accumulated call meter (счетчик вызовов);
- 0x6F42 — Short message service parameters (параметры SMS);
- 0x6F43 — SMS status (состояние SMS);
- 0x6F44 — Last number dialled (последний набранный номер).

Полный список файлов занимает несколько страниц печатного текста. При необходимости вы можете найти его в Интернете в описании стандарта GSM. Также перечень основных файлов SIM-карты приводится в документации ко многим программам и считывателям.

Устойчивость и безопасность

Файловая система SIM-карт обладает достаточно высокой защищенностью. Для операций с файлами (например, чтения или записи) необходимо выполнение условий доступа. В заголовке каждого из элементарных файлов указано, по какому условию становится возможной та или иная операция. Например, файл записной книжки можно прочесть лишь в случае, если SIM-карте предъявлен код PIN1. Такое же условие распространяется и на запись. Некоторые файлы вообще никогда нельзя прочесть и/или записать, или, наоборот, чтение возможно всегда, даже когда ни один из кодов не предъявлен.

Всего для SIM-карт существуют 16 различных уровней, точнее, условий, доступа. Слово «уровень» здесь следует понимать относительно. Выполнение условий для определенного «уровня» вовсе не означает, что доступ к «младшим уровням» будет предоставлен при этом автоматически.

Самый первый «уровень» — доступ разрешен всегда. Затем идут доступ по PIN1 и PIN2, далее — доступ по административным кодам. Наконец, самый старший — доступ запрещен всегда. Одни коды доступа, например, PIN1 и PIN2, PUK подаются карте командой с мобильного телефона локально. Другие коды (пароли) могут быть переданы оператором связи.

Коды PIN позволяют считывать и изменять содержимое некоторых «пользовательских» файлов, таких как телефонный справочник и хранилище SMS. Коды PUK служат для разблокировки карты в случае ее блокирования после нескольких неправильных попыток ввести PIN-код.

PIN- и PUK-коды содержатся в определенных файлах (CHV1 и CHV2) в файловой системе GSM. Помимо самих кодов, эти файлы несут и сопутствующую информацию: число попыток ввода кода до блокировки, число оставшихся попыток, а также флаг необходимости запроса кода (да/нет).

Эти файлы (CHV1 и CHV2) используются телефоном при запросе ввода PIN- и PUK-кодов. Проверка кодов происходит путем сравнения введенных цифр с содержимым файла. Предъявление PIN/PUK кодов ни в коей мере не позволяет внести в память карты такие изменения, как создание, запись или удаление файлов. Для этого служат административные пароли, которые обычно задаются оператором связи при изготовлении карты и держатся им в строгом секрете.

Кроме того, файлы могут быть помечены как непригодные к использованию, временно или навсегда. Такая пометка применяется при включении и отключении различных сервисов, предоставляемых картой, например, WAP или GPRS.

Задача сохранения целостности записываемой информации решается в рамках файловой системы SIM-карты несколько иначе, чем в обычных «компьютерных» ФС. Предположим, когда жесткий диск вашего компьютера перезаписывает содержимое какого-либо файла, внезапно пропадает питание. Если работа системы завершается некорректно, скорее всего, записываемая информация будет потеряна.

У SIM-карты нет выключателя питания, как у компьютера, а пользователь может вынуть ее из телефона в самый неподходящий момент. Например, если шел процесс обновления файла-ключа и в этот момент пропало питание, то уже никто не будет знать, какой именно ключ необходимо предъявлять — новый так и не был записан, а старый уже безвозвратно испорчен. Такая ситуация недопустима в принципе!

Для решения проблемы используется специальный программный механизм, реализованный в рамках операционной системы. Основная его идея заключается в следующем: перед началом модификации данных заранее создается резервная копия той области памяти, в которой нужно провести изменения (в NVM-памяти), после чего выставляется специальный флаг (также в NVM-памяти), указывающий на то, что копия создана. Только после этого система приступает к самим изменениям. После окончания модификации данных флаг сбрасывается. На этапе, когда питание на карту подано, при запуске, операционная система проверяет этот флаг и, если он установлен, восстанавливает информацию. После восстановления флаг сбрасывается. Подобный алгоритм обеспечивает целостность информации при возникновении сбоев в процессе изменения данных. Для особо критичных файлов также вычисляется контрольная сумма.

Причины отказов

К потере, искажению или недоступности информации, находящейся в SIM-карте, ведут разные причины. В первую очередь, это могут быть сбои программного обеспечения телефона, в который вставлена карта. В таком случае SIM-карта перестает распознаваться телефоном, либо становятся недоступными список телефонных номеров абонентов или короткие сообщения, сохранявшиеся на карту. Корректное удаление сообщения или записи телефонного справочника средствами

телефона заключается в изменении одного из атрибутов (флага) в заголовке файла, в то время как содержимое остается в целости, пока не будет затерто очередной сохраненной записью. Таким образом, восстановление удаленных данных в ряде случаев осуществить легко.

Микропрограмма телефона весьма чувствительна к любым нарушениям в работе SIM-карты. Реакция ее всегда стереотипна: это либо требование вставить SIM-карту, либо полное «зависание» телефона. Устройства для считывания, о которых речь пойдет ниже, относятся к сбоям SIM-карт более терпимо. Поэтому невозможность получить сведения штатными средствами телефона еще не означает, что специализированное устройство тоже ничего не сможет прочитать.

Механические повреждения SIM-карт опасны, когда они затрагивают область чипа и контактов. К счастью, чип занимает относительно малую площадь и практически весь расположен под контактными площадками. Остальная часть карты — всего лишь пластмасса.

Загрязнение и окисление контактных площадок — одна из самых распространенных «бытовых» проблем. Совет для начала обязательно протереть контакты в равной мере относится и к SIM-картам, и к любым другим устройствам с контактными площадками.

При физическом повреждении кристалла или разрушении содержимого ROM восстановить с SIM-карты что-либо практически невозможно, хотя... Периодически появляются сообщения о том, что спецслужбам удалось извлечь сведения из телефона, стоявшего в сработавшем взрывном устройстве, и т. п. О том, как это делалось, остается лишь догадываться. Скорее всего, для обычного использования такие методики окажутся слишком трудоемкими, а оборудование существует лишь в единичных экземплярах.

Доступными средствами реально восстановить информацию с физически исправной SIM-карты, если проблема была связана с нарушением логической структуры пользовательской области. Основной интерес для восстановления представляют хранящиеся на SIM-картах данные телефонного справочника, полученные и отправленные SMS.

Устройства для считывания SIM-карт

Помимо мобильных телефонов, разработаны и свободно продаются две категории устройств, способных считывать информацию с SIM-карт.

Во-первых, это картридеры USB (рис. 11.3) — миниатюрный картридер подключается в порт USB и распознается операционной системой как устройство типа `SIM_Card_Reader`. С точки зрения операционной системы ни это устройство, ни SIM-карта в нем дисками или носителями не являются.

В России широко известны устройства, продающиеся под маркой молдавской компании Dekart (www.dekart.com). Сама же компания занимается разработкой программного обеспечения, так или иначе связанного со смарт-картами, безопасной аутентификацией, шифрованием и т. п. Считыватели комплектуются программой Dekart SIM Manager — к ней и еще одному продукту Dekart мы вскоре обратимся.

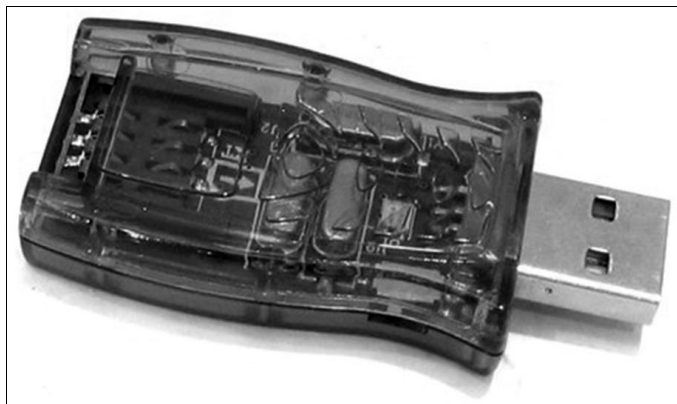


Рис. 11.3. Считыватель SIM-карт для порта USB

Большинство современных считывателей SIM-карт построено по спецификации (стандарту) PC/SC. Другим распространенным стандартом является спецификация Phoenix. Эти стандарты определяют, как прикладные программы обращаются к картридеру и находящейся в нем SIM-карте.

Устройства комплектуются дисками с драйверами и, как правило, с какой-либо программой восстановления и резервного копирования данных. В принципе, в рамках названных спецификаций различные программы способны работать со считывателями разных производителей, а аппаратно-специфичными являются лишь драйверы.

ПРИМЕЧАНИЕ

Считыватели часто упоминаются в связи с мульти-SIM-картами (мультисим). В такие карты «для самостоятельного изготовления» заносятся копии нескольких обычных SIM-карт. До появления телефонов Dual SIM эта технология была весьма популярна среди продвинутых пользователей, поскольку позволяла пользоваться услугами нескольких операторов, не меняя SIM-карты в мобильнике. Считыватели же нужны для чтения кодов из оригинальных карт и прошивки их в «болванки», которые выпускают те же производители.

Интересный проект по самостоятельной сборке считывателя SIM Reader развивается на сайте ladyada.net (www.ladyada.net/make/simreader). На сайте вы найдете схемы и подробнейшие инструкции по изготовлению считывателя — вплоть до того, как правильно вставить ножки резистора в отверстия платы, обрезать их и припаять. Там же выложено бесплатное ПО для Linux и Windows вместе с исходными кодами. Через сайт можно заказать полный набор деталей для сборки устройства (около 17 долларов) или отдельно печатную плату (5 долларов).

На рис. 11.4 приведена принципиальная схема считывателя, а на рис. 11.5 — полностью собранная плата. Как видите, это достаточно простой программатор с COM-интерфейсом и автономным питанием от батареек.

Другая категория — автономные устройства для резервного копирования и дублирования SIM-карт (рис. 11.6). Они являются узкоспециализированными программаторами с автономным питанием и собственной флеш-памятью.

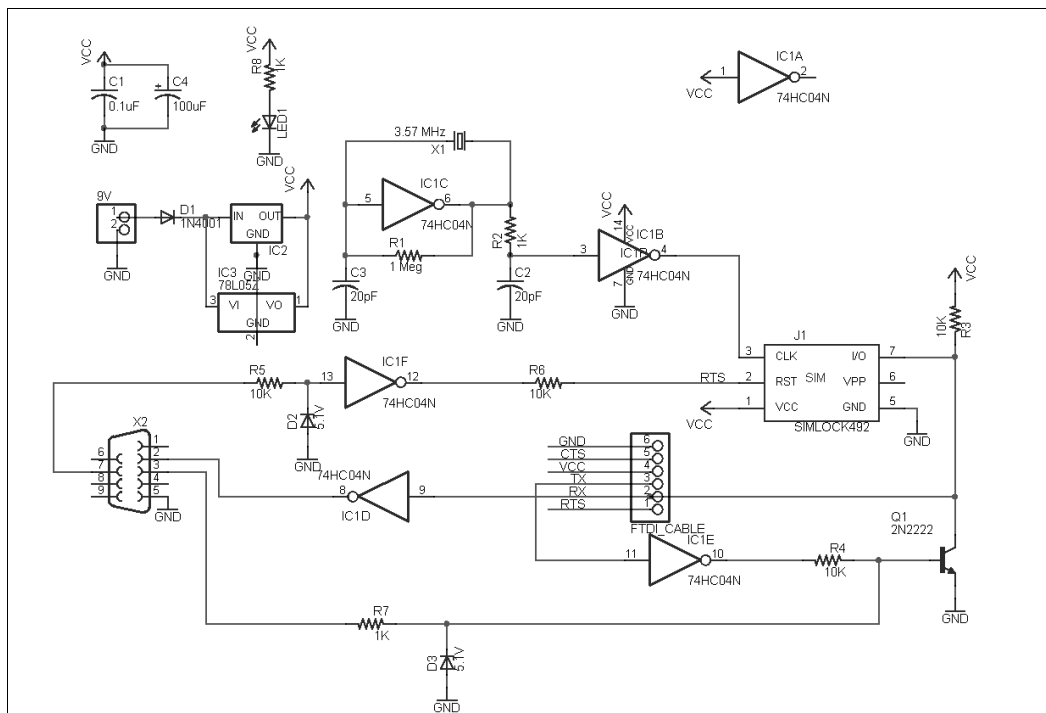


Рис. 11.4. Принципиальная схема SIM Reader

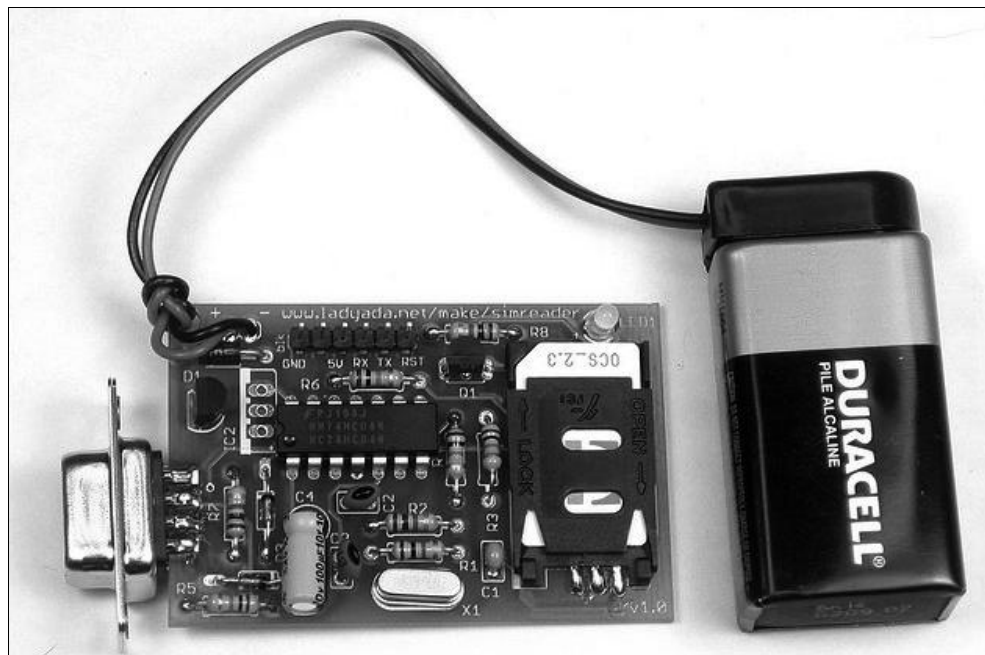


Рис. 11.5. Собранное устройство



Рис. 11.6. Брелок для резервного копирования SIM-карт


Подобный программатор способен считать данные с исправной SIM-карты (back up) и хранить их в своей энергонезависимой памяти сколь угодно долго. Затем при необходимости эту информацию можно записать обратно в эту же или в другую SIM-карту (restore).

Большинство дубликаторов лишено интерфейса сопряжения с компьютером и для восстановления поврежденных данных совершенно не подходит. Хотя восстанавливать данные в прямом смысле слова пользователю не придется — следует просто сохранить полный образ карты в памяти брелока, а при неисправности SIM-карты или в случае кражи телефона достаточно одним нажатием кнопки поместить эту резервную копию в новую карту.

Программа Data Doctor Recovery — SIM Card

Индийская компания Pro Data Doctor Pvt. Ltd (<http://www.datadoctor.in>) представляет полную линейку утилит для восстановления данных. В пакет Data Doctor DreamPack входят 14 программ для извлечения данных практически с любых носителей, восстановления поврежденных файлов и забытых паролей. Эти утилиты доступны и по отдельности.

Одной из них является программа Data Doctor Recovery — SIM Card. В OEM-версии она также входит в комплект некоторых считывателей SIM-карт.

1. Подключите считыватель к компьютеру и установите драйвер устройства.
2. Вставьте в него SIM-карту. Запустите программу.
3. В главном окне нажмите кнопку  **Search** (Поиск). Откроется окно, в котором следует выбрать используемый картридер (рис. 11.7).
4. Установите переключатель в одно из двух положений:
 - **My SIM Card Reader follows PC/SC technology standards** (Картридер работает по стандарту PC/SC);

- **My SIM Card Reader follows Phoenix technology standards** (Картридер работает по стандарту Phoenix).

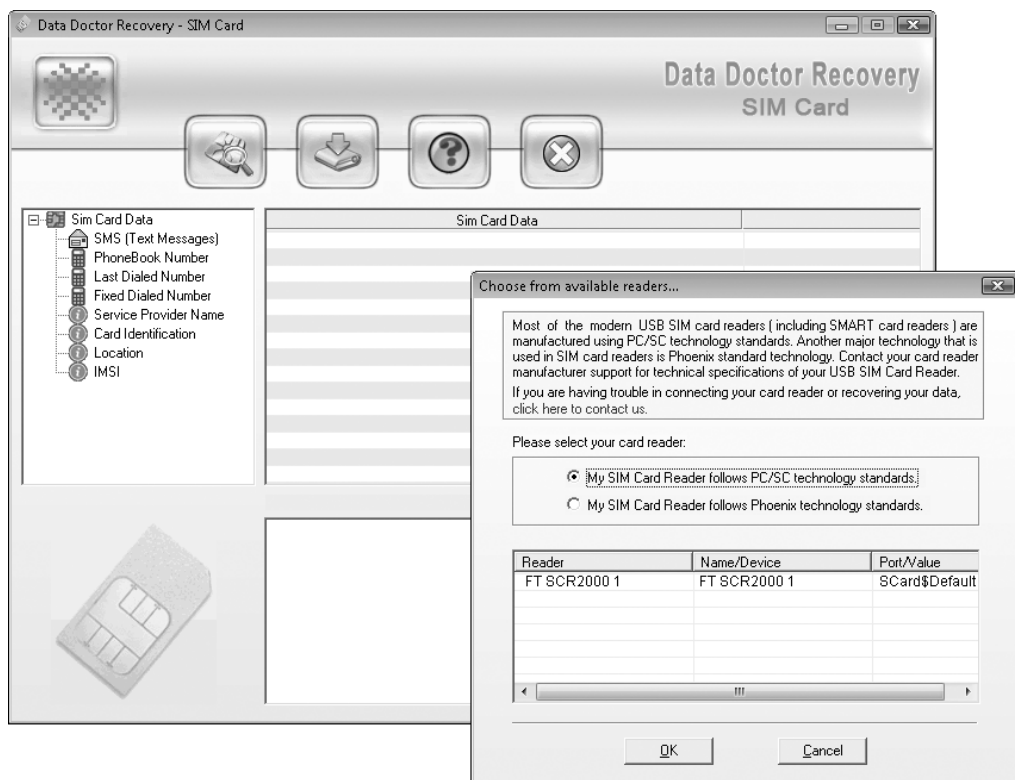



Рис. 11.7. Главное окно программы Data Doctor Recovery — SIM Card и выбор картридера

В списке под переключателем будут показаны все обнаруженные считыватели. Если неизвестно, по какой технологии работает устройство, можно проверить оба положения переключателя — подключенный считыватель появится в списке, только когда переключатель установлен в правильное положение.

5. Выберите считыватель в списке и нажмите кнопку **ОК**. Появится сообщение о том, что SIM-карта успешно определена. Затем начнется чтение памяти SIM-карты.

Когда SIM-карта будет прочитана, можно будет просмотреть обнаруженные на ней записи. Структура стандартных записей представлена в левой части окна в виде дерева.

6. Щелкните кнопкой мыши на любом из элементов, и в правой части окна отобразится содержимое соответствующей записи:
 - **SMS (Text Messages)** — сообщения SMS с указанием адресата, даты и времени;
 - **Phone Book Number** — телефонный справочник;

- **Last Dialed Number** — последний набранный номер;
 - **Fixed Dialed Number** — фиксированные номера набора;
 - **Service Provider Name** — наименование оператора связи;
 - **Card Identification** — уникальный номер SIM-карты;
 - **Location** — сведения о местоположении оператора связи (регионе);
 - **IMSI** — уникальный международный идентификационный номер абонента мобильной связи.
7. Для сохранения информации нажмите кнопку  **Save recovered data to file** (Сохранить восстановленные данные в файл). Вся восстановленная информация записывается в один текстовый файл.

Существенно, что эта программа совместима с операционной системой Windows 7 и работает практически со всеми имеющимися в продаже адаптерами. Однако некоторые проблемы, как, впрочем, и у большинства других подобных программ, могут возникнуть при работе с не-латинскими символами, например, с кириллицей в сообщениях и записях телефонной книги.

Утилиты Dekart

Две утилиты от компании Dekart (www.dekart.com) считаются «классикой жанра». Они отличаются набором решаемых задач, и для наших целей пригодятся обе.

Dekart SIM Manager

Первая программа — типичный менеджер, предназначенный для просмотра, редактирования и копирования пользовательских данных из карты в компьютер и обратно. Из функций восстановления с помощью Dekart SIM Manager можно находить и читать удаленные сообщения SMS.

По умолчанию функция отключена. Для ее включения откройте диалоговое окно настроек программы (меню **Настройки | Свойства**) и установите в нем флажок **Показывать удаленные SMS** (рис. 11.8).

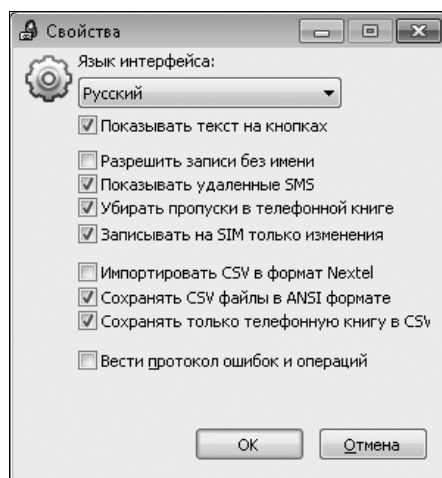



Рис. 11.8. Настройки программы Dekart SIM Manager

Чтобы получить данные с карты, в главном окне программы нажмите кнопку  **Чтение**. В левой части окна отобразится набор категорий, хранящихся в памяти SIM-карты, а в правой — записи, входящие в выбранную категорию (рис. 11.9).

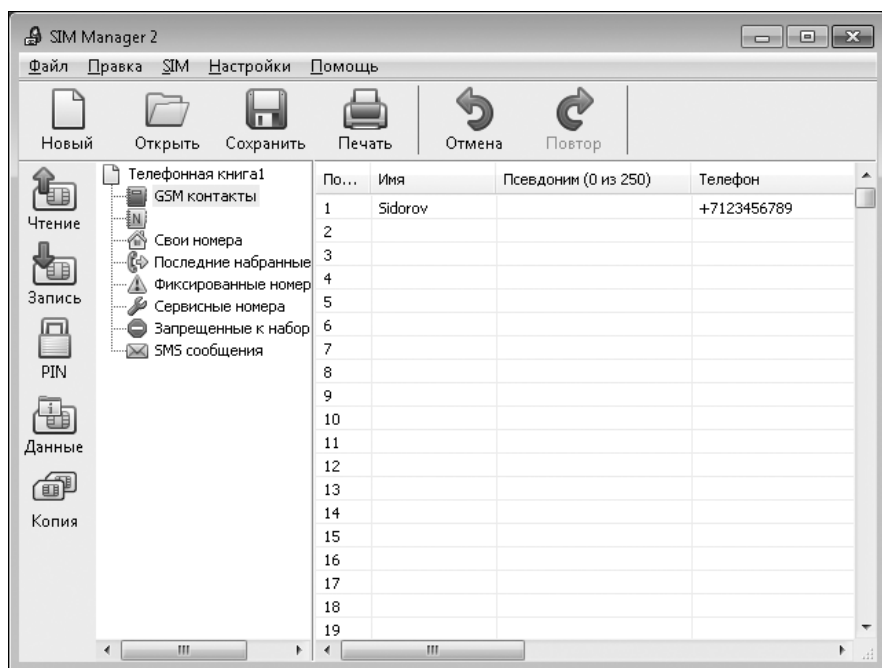


Рис. 11.9. Просмотр содержимого SIM-карты

Все пользовательское содержимое SIM-карты вы можете сохранить в виде файла телефонной книги (PFB), значений, разделенных запятыми (файл CSV), или в других текстовых форматах. Для этого служит кнопка **Сохранить** на панели инструментов.

Любую из записей можно копировать, редактировать, удалять и т. д. с помощью контекстного меню или команд меню **Правка**. Для удаленных сообщений SMS в контекстном меню доступна также команда **Восстановить** — по ней изменяется флаг состояния сообщения, и запись перестает значиться удаленной.

Dekart SIM Explorer

Dekart SIM Explorer — более мощный редактор, хотя и не столь наглядный, как SIM Manager. Эта программа позволяет просматривать в различных представлениях и править практически все содержимое файловой системы GSM.

Чтобы получить данные с карты, в главном окне программы выполните команду меню **SIM | Scan** (Сканировать) или нажмите кнопку **Scan SIM** (Сканировать SIM-карту) на панели инструментов. В открывшемся диалоговом окне (рис. 11.10) выберите один из способов сканирования: **Smart** (Быстрое сканирование) или **Full** (Полное, но более медленное сканирование).

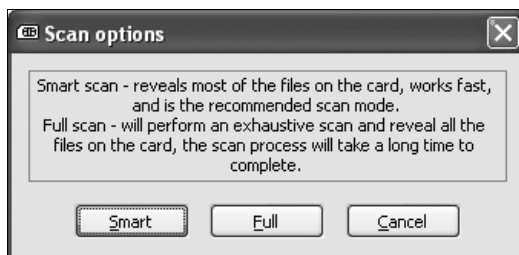


Рис. 11.10. Диалог сканирования SIM-карты

В результате в главном окне программы отобразится древовидная структура файловой системы (рис. 11.11). В правой части окна выводятся сведения о файле, выбранном в левой части окна.

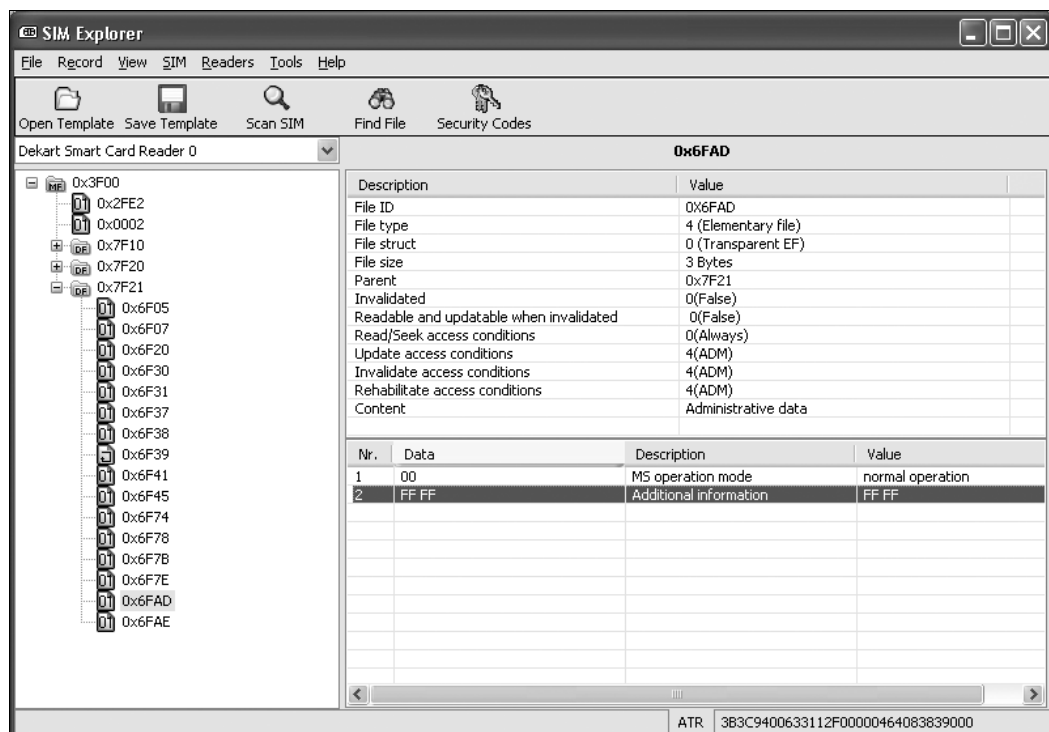


Рис. 11.11. Просмотр файловой системы SIM-карты

Для просмотра содержимого файла щелкните на нем двойным щелчком кнопкой мыши либо выберите файл и вызовите команду меню **File | View File Binary** (Файл | Просмотр двоичного содержимого). Можно также нажать клавишу <F3>. Указанный файл откроется в окне встроенного HEX-редактора (рис. 11.12).

Он практически не отличается от уже знакомых нам двоичных редакторов. По умолчанию редактор работает в режиме «только для чтения» (Read Only).

Чтобы копировать значения, установите в группе **Options** (Параметры) флажок **Selecting Data** (Выбор данных), выделяйте их мышью, а затем воспользуйтесь контекстным меню. По крайней правой колонке вы сможете отслеживать значения байтов в представлении ASCII — это позволит найти тексты SMS, имена и номера телефонов.

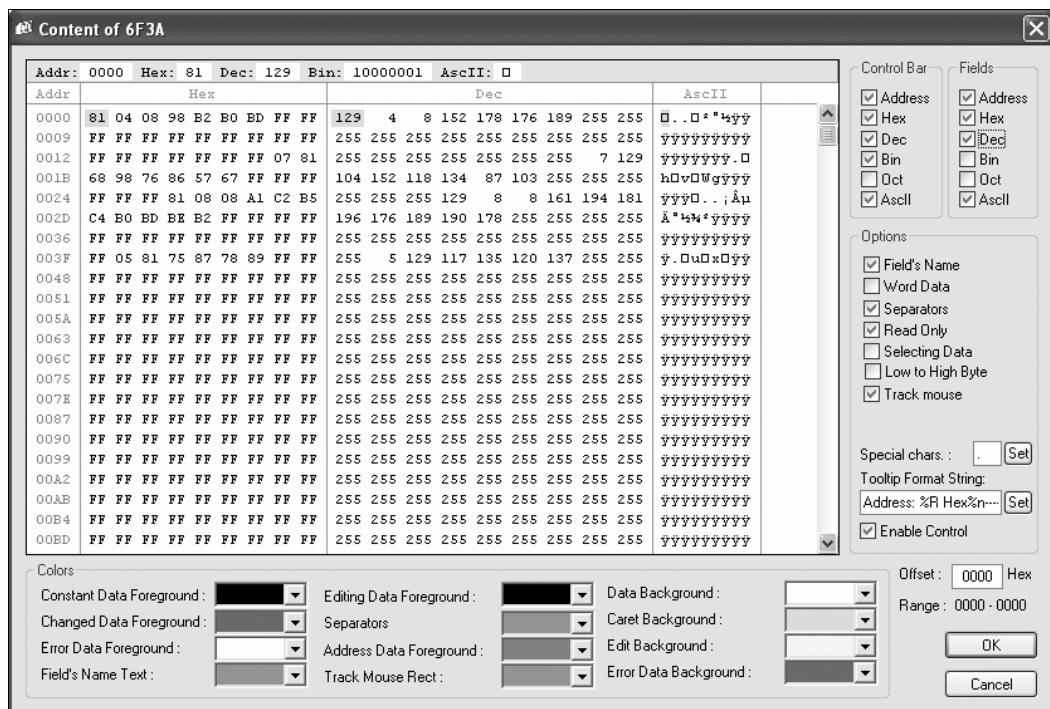


Рис. 11.12. Просмотр файла в двоичном виде

Кроме того, в главном окне программы доступна функция поиска содержимого по всем файлам. Она вызывается кнопкой **Find File** (Найти файл) на панели инструментов.

«Контрольная сумма»

Работу с SIM-картами мы затронули лишь в одном, довольно узком, аспекте. Вместе с тем, теория смарт-карт вообще и SIM-карт в частности обширна, тщательно проработана и хорошо освещена в Интернете.

Нужно понимать, что ни одно из средств не получает прямого доступа к флеш-памяти SIM-карты, и «адресация по смещениям» не должна вводить в заблуждение! То, что компьютер «видит» файловую систему GSM через считыватель — исключительная заслуга операционной системы SIM-карты. Вполне уместна аналогия с обращением к файлам и папкам по локальной сети.

Помимо рассмотренных, существует еще немало программ подобного типа. Основным назначением их считается копирование неповрежденных данных и дублирование SIM-карт, хотя для восстановления они тоже могут оказаться полезны. Среди них назовем, по меньшей мере, две:

- ❑ **CHIPDRIVE SIM Card Stick (www.chipdrive.de)** — программа, которой комплектуются некоторые картридеры;
- ❑ **PhoneFile PRO (www.pipistrel.com)** — выпускается в нескольких вариантах, отличающихся набором функций. Служит для копирования данных с SIM-карты, а также восстановления удаленных SMS.

ГЛАВА 12



Восстановление данных с лазерных дисков

В лабораторию по восстановлению информации лазерные диски попадают не так уж часто. Причина, видимо, в том, что на них редко хранят уникальные и не продублированные где-либо данные.

Типичные случаи, в которых восстановление лазерных дисков оправданно: порча домашних медиаархивов (фото, видео и пр.), а также резервных копий, оригиналы которых давно уже удалены или радикально изменились.

К счастью, из причин недоступности данных мы смело можем исключить любые неисправности приводов лазерных дисков. Болезнь дисководов, названная по фамилии впервые описавшего ее украинского автора «синдромом Нечитайло», практически неизлечима. Конечно, на каретке привода предусмотрены подстроечные резисторы, да и оптику можно почистить. Однако трудности юстировки и калибровки лазера в обычных условиях превращают попытки «полечить» дисковод в совершенно непродуктивное занятие. Гораздо проще заменить привод целиком!

Диагностика

Как всегда, диагностика начинается с осмотра. Обратите внимание на состояние обеих поверхностей диска, особенно верхней, с красочным слоем. Даже небольшие царапины или вмятины на ней обычно приводят к безвозвратной потере информации.

Если дефекты локализуются в центральной области диска, он, вполне возможно, не будет распознан приводом вообще. Повреждения в других местах обычно приводят к выпадению отдельных фрагментов, в зависимости от протяженности.

На «штампованных» дисках CD-ROM и DVD-ROM о химической деградации отражающего слоя часто говорит его «помутнение». Как правило, вначале такой дефект появляется в виде пятна с неправильными размытыми контурами, которое затем постепенно расплывается. При удачном стечении обстоятельств с такого диска что-то удастся прочитать путем многократных попыток.

В случае записываемого или перезаписываемого диска нужно ответить на вопрос: а есть ли на нем вообще какие-то данные? Если диск заполнен не до конца

(как это обычно и бывает), граница между записанной и незаписанной областями хорошо видна. Усредненная отражающая способность у них различна, и это легко заметить, рассматривая поверхность под разными углами. Таким образом, простой осмотр позволяет заподозрить, что данные не записывались вовсе. Например, программа записи или сам привод дали сбой, и запись в действительности не производилась.

Дефекты прозрачного слоя, как правило, исправимы. Однако по общему принципу, начинать всегда следует с тех действий, которые не влияют на носитель. Бывает, что замазывание царапин и полировка приводят к обратному результату. Практика показывает, что сразу начинать с полировки и прочего не стоит — перед этим постарайтесь считать диск «как есть»!

Вставьте диск в привод и выясните, распознается ли он. Из того, что при попытке обращения появляется сообщение вида «вставьте диск», следует, что привод не может прочитать служебную область носителя.

То, что первый взятый привод не распознает и не читает диск, еще не служит основанием для окончательных выводов. Попробуйте прочитать диск хотя бы еще одним или двумя заведомо исправными дисководами другого типа и производителя с использованием различных программ. Вполне возможно, что один из приводов сумеет «зацепить» какие-либо данные там, где другие их не обнаружили. Более того, рекомендуется выполнить чтение с «подменной нулевой дорожки». Эту методику мы рассмотрим чуть далее.

Если ни одна из попыток не привела к успеху, а на нижней поверхности диска есть выраженные дефекты, попробуйте восстановить ее прозрачность. После каждой операции проверяйте читаемость носителя. Постарайтесь каждый раз делать образ диска, чтобы впоследствии выбрать из них наиболее полный.

На первом этапе логическая структура данных и ее целостность нас не волнуют. Если удастся получить доступ к содержимому диска как блочного устройства, т. е. снять с него посекторный образ — считайте, что «дело в шляпе»! Извлекать из такого образа дерево файлов и папок или хотя бы разрозненные файлы умеют все программы восстановления данных, и делают они это с большим успехом.

Почему в любом случае выгоднее работать с образом, а не с диском непосредственно? Лазерному диску, в отличие от «полуживого» винчестера, длительное чтение ничем не грозит. Наоборот, многократные попытки чтения сектора зачастую необходимы. Однако процесс этот длительный. Лучше потратить время один раз на создание образа, который потом будет читаться очень быстро.

Получение доступа к проблемному диску

Как мы уже решили, на первом этапе стоит задача получить посекторный образ. Для этого нужно «вытянуть» с диска содержимое максимального количества секторов. Чтобы операция прошла удачно, поцарапанной поверхности предстоит вернуть прозрачность, а для чтения понадобится безотказно работающий привод. Кроме того, получить доступ к дискам с безнадежно испорченной служебной областью помогает один хитрый прием (см. разд. «Чтение дисков с поврежденной нулевой дорожкой»).

В любом случае, если на диске есть механические дефекты, стоит запустить такой диск на уже испытанных приводах, скорость которых снижена до минимума. Чем больше приводов будет испробовано, тем выше шанс, что какой-то из них сможет удовлетворительно считать почти все секторы диска. Возможно, диск даже удастся прочитать штатными средствами операционной системы! Обязательно попробуйте снять первый образ с диска до начала его «ремонта».

При безуспешности всех попыток остается прибегнуть к «замазыванию» и полировке дефектов. Если же исправление механических дефектов не дало существенных результатов, начните восстанавливать информацию программными средствами из лучшего, наиболее полного образа.

Устранение дефектов поверхности

Потертости, трещины и сколы на нижней поверхности диска — очень распространенное явление. Диск со сквозной трещиной восстановлению практически не подлежит, более того, внутри дисковод его легко может разорвать центробежной силой. Менее вредны трещины на периферии.

Царапины на прозрачной поверхности диска приводят к рассеиванию луча, из-за чего лазер не может прочитать отдельные сектора. Радиальные царапины наносят меньше вреда, чем концентрические. За счет чередования секторов далеко не всякая радиальная царапина способна затенить участки диска так, чтобы микропрограмма привода не смогла их восстановить, основываясь на избыточных кодах коррекции ошибок. Круговая царапина, особенно если она расположена в центральной части, легко может закрыть несколько последовательно идущих секторов. Тем не менее многие царапины удастся замазать и отполировать разными способами.

Очистка поверхности

Всем известно, что если лазерный диск не читается, его, в первую очередь, нужно протереть. Если делать это первым попавшимся под руку платком, полотенцем или рукавом, в дополнение к имеющейся на диске грязи он будет еще и поцарапан. При очистке диска следует соблюдать несколько простых правил:

- желательно использовать салфетки из многократно выстиранной неворсистой мягкой ткани, например бязи или фланели. Другой вариант — специальные нетканые салфетки, уже смоченные очищающим раствором. Широко известны такие салфетки под торговой маркой Defender;
- в качестве жидкости для очистки дисков, помимо готовых «фирменных» растворов, подходят распространенные стеклоочистители, 0,5–1 %-ные растворы бытовых моющих средств типа Fairy или «Мистер Мускул», водный раствор этилового или изопропилового спирта или их смеси с концентрацией от 10 до 40 %;
- при протирке основные движения должны быть направлены радиально — от центра к периферии диска.

Иногда рекомендуют сначала протереть диск салфеткой с раствором, а потом промыть под струей воды. После этого диск следует обсушить салфеткой, просто

прикладывая ее к поверхности. Для этой цели подойдет и мягкая туалетная бумага. Вместе с тем, тереть поверхность туалетной бумагой не стоит! Из-за минеральных включений любая бумага, кроме специально изготовленных салфеток для оптики, мало годится в качестве протирачного материала.

Трещины

Трещины вредят не только данным на диске, но и тому приводу, в который будет вставлен треснувший диск. Под действием центробежной силы диск внутри дисководов вполне может быть порван на части.

На месте трещины почти всегда возникает ступенька отражающего слоя, и на расстоянии нескольких миллиметров до или после трещины лазерный луч оказывается нефокусированным. Система фокусировки не успевает отработать меняющееся расстояние до отражающей поверхности, и в чтении появляются заметные провалы.

Бороться с трещинами, заливая их клеем или укрепляя диск как-либо еще, практически бесполезно. За счет внутренних напряжений в пластмассе края трещин расходятся на большую величину, чем допустимая ошибка в позиционировании луча. Заделка трещины почти никогда не решает проблему ошибок чтения. Тем не менее, треснувший диск можно подклеить с верхней стороны скотчем или пленкой типа «Оракал». Это, по крайней мере, предупредит разлет осколков диска в приводе.

Встречаются советы приклеить на треснувший диск другую ненужную болванку или тот прозрачный вкладыш, которым обычно закрывают стопку дисков внутри промышленной упаковки-бобины. Двойной диск, скорее всего, не войдет в привод по толщине, поэтому читать его придется на приводе, доработанном, как на рис. 12.7.

В любом случае, если на диске имеется даже крошечная и несквозная трещина, стоит «притормозить» дисковод одним из программных средств. В качестве примера приведем Nero Drive Speed.

Эта утилита входит в состав пакета Nero (www.nero.com), но по умолчанию не устанавливается. Чтобы воспользоваться программой Nero DriveSpeed, следует в процессе установки пакета Неро указать вариант **Полная установка** или выбрать эту утилиту в группе **Инструменты** при выборочной установке.

1. Запустите программу (**Пуск | Все программы | Nero | Инструменты | Nero DriveSpeed**). Откроется окно программы (рис. 12.1), а в области уведомлений панели задач появится ее значок.
2. В раскрывающемся списке в верхней части окна выберите дисковод, скорость которого нужно ограничить.
3. В раскрывающихся списках **Скорость чтения (CD)** и **Скорость чтения (DVD)** выберите требуемую скорость.
4. В раскрывающемся списке **Время вращения** выберите время, в течение которого диск будет раскручиваться перед началом чтения. В нашем случае этот параметр не столь важен.

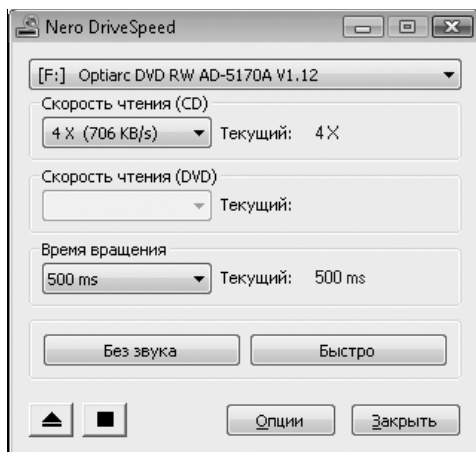


Рис. 12.1. Окно программы Nero DriveSpeed

Ограничение скорости действует до тех пор, пока программа запущена, и ее значок остается в области уведомлений панели задач. Для выхода из программы и снятия ограничений щелкните правой кнопкой мыши на этом значке и в открывшемся меню выберите команду **Выход**.

Кроме Nero DriveSpeed, существует целый ряд утилит для снижения скорости вращения лазерных дисков. Все они бесплатны и работают практически одинаково. Некоторые обладают полезными дополнительными функциями, например, напоминают о диске, забытом в дисковом при выключении компьютера, позволяют блокировать лоток или выдвигать/задвигать его. Вот лишь некоторые подобные утилиты:

- ☐ CDSpeed (www.asus.com.tw/download/multimedia/cdrom-audio.htm). Существует еще несколько программ с таким же названием;
- ☐ CD-ROM Tool (<http://cdromtool.hopto.org>);
- ☐ CDSlow (<http://cdslow.webhost.ru>).

Царапины

Как уже было сказано, механические повреждения со стороны отражающего или записываемого слоя лазерного диска всегда необратимо уничтожают информацию в этом месте. Если повреждены служебные области, диск почти никогда не распознается приводом, и восстановление данных с него, скорее всего, невозможно. Точечные дефекты в области данных не мешают приводу распознать и прочитать диск, но поврежденные участки восстановлению также не подлежат.

Гораздо лучше дело обстоит с царапинами на нижней поверхности пластины. Устранить такие дефекты можно двумя путями:

- ☐ заполнить дефекты прозрачным материалом с близким к поликарбонату коэффициентом преломления. Затем может понадобиться финишная шлифовка и полировка;
- ☐ равномерно сошлифовать поверхность пластины до дна самых глубоких дефектов, а затем отполировать ее.

«Партизанские» вариации на первую тему кочуют по страницам форумов в Интернете очень давно. В качестве заполнителя предлагаются нитроцеллюлозные клеи и лаки, автомобильные и мебельные полироли на восковой основе. При обработке диска важно обеспечить хорошую адгезию материалов, иначе пломбу может вырвать центробежной силой при вращении диска. Кроме того, состав должен обладать минимальной усадкой при высыхании и отвердевании, хорошо шлифоваться и полироваться.

Профессиональные средства выпускают многие производители оргтехники и дисков. Это специальные одно- и двухкомпонентные полимерные компаунды. В их числе: пасты DataFlash Disc Repair 1210, наборы VINTECH Dr. Clean VC-2000, Nama 49838, Nama 4819, Digitex DCACLRK-05-BL, Digitex DG-010-C, Maxell Disc Scratch Repair Kit (рис. 12.2) и др.



Рис. 12.2. Набор для восстановления поверхности дисков

В состав набора обычно входят тюбик с пастой и полировочные салфетки. Цена такого набора составляет от 5 до 20 долларов, а 5 г пасты хватает для восстановления 10–20 дисков. В некоторые наборы входят две пасты или жидкости: одна для более грубой полировки, а вторая для завершающей обработки поверхности.

Наиболее совершенными являются фотополимерные компаунды. Они позволяют заполнить достаточно глубокие царапины до 0,3–0,5 мм, поскольку не содержат растворителей и в процессе полимеризации сохраняют практически неизменный объем. Отвердевание происходит под действием ультрафиолетовых лучей. В набор вместе с таким компаундом входит стеклянная пластина-матрица.

1. Диск обезжиривается спиртом и высушивается.
2. В царапину вровень с ее краями шприцом вносится компаунд.
3. Матрица прижимается к поверхности диска так, чтобы разровнять компаунд.
4. Все вместе помещается на несколько минут под кварцевую лампу или просто на прямой солнечный свет.
5. После отвердевания компаунда матрица отделяется от поверхности диска.

«Народные» методы шлифовки столь же стары, сколь и способы заделки царапин. Нужно отметить, что ручной шлифовкой и полировкой удастся ликвидировать только поверхностные царапины и потертости диска. Дело в том, что просто сгладить и заполировать царапины недостаточно — для фокусировки лазера очень важно сохранить геометрическую плоскость поверхности диска. Даже незначительные волны или впадины действуют подобно линзе и нарушают ход лучей.

Для полировки поверхностных дефектов обычно предлагается паста ГОИ или «Ювелирная», нанесенная на фланелевую или замшевую салфетку. В последнее время в продаже появились пасты для восстановления стекол сотовых телефонов, например, Data Flash Displex. Они прекрасно полируют любые пластмассы и дают очень гладкую поверхность.

Для устранения более грубых царапин иногда рекомендуют сначала использовать зубной порошок (современные неабразивные зубные пасты для этого мало-пригодны). Затем, после промывки поверхности, процедура завершается полировкой той же пастой ГОИ. Среди «тонкостей и хитростей» приводят советы по полировке диска пастой ГОИ подушечками пальцев — так можно обнаружить мельчайшие неровности. Правда, руки потом придется долго отмывать керосином.

Приемы шлифовки и полировки разнообразны. Их можно освоить только практически. У любого пользователя найдется множество давно не нужных старых дисков. Попробуйте царапать такие диски до появления сбоев при их чтении, а затем восстанавливать поверхность разными способами.

СОВЕТ

Чтобы попрактиковаться в восстановлении информации программными методами, имитировать повреждения диска еще проще. Наклеивайте на прозрачную сторону диска кусочки непрозрачного скотча разной формы и размера в разных местах. Эта операция обратима и позволяет легко изобразить любые дефекты.

Для эффективной, а главное, геометрически точной шлифовки дисков разработаны и продаются специальные приспособления. Все они построены по типу шлифовального станка. В качестве абразивного элемента выступает диск или шайба из волокнистого синтетического материала, который в процессе работы смачивается смесью спиртов и поверхностно-активных веществ.

Самое простое приспособление подобного рода — Doctor Series Advanced Disc Repair System с ручным приводом (рис. 12.3) — выпускает компания Digital Innovations (www.digitalinnovations.com). Восстанавливаемый компакт-диск и лепестковый шлифовальный круг (на фотографии он похож на вентилятор) вращаются во взаимно перпендикулярных плоскостях. Сверху в корпус вставляется флакон со смачивающей жидкостью — 0,5 %-ным водным раствором изопропилового спирта. Жидкость по каплям поступает на шлифовальный круг. Круги являются расходным материалом, а одного круга хватает на шлифовку примерно 50 дисков. Розничная цена этого устройства в российских интернет-магазинах составляет около 30 долларов.



Рис. 12.3. Приспособление для шлифовки дисков

Более производительными являются приборы с электроприводом от компании Aleratec (www.aleratec.com). Aleratec DVD/CD Disc Repair Plus — прибор, внешне похожий на CD-плеер (рис. 12.4).

Восстановление диска занимает от одной до пяти минут. Для шлифовки необходимо нанести три капли смачивающей жидкости на шлифовальную шайбу, положить сверху диск, закрыть крышку и нажать кнопку Repair (Отремонтировать). Две другие кнопки на корпусе устройства служат для выбора режима: от поверхностной шлифовки до удаления более глубоких царапин. Прибор стоит около 40 долларов, а

набор расходных материалов (шайбы и жидкость), которого хватает примерно на 30 дисков, — еще 35.



Рис. 12.4. Aleratec DVD/CD Disc Repair Plus

Наконец, Aleratec DVD/CD Disc Repair CG (рис. 12.5) — мощный профессиональный аппарат ценой около 550 долларов. Он снабжен системой непрерывной подачи жидкости и таймером. Восстановление диска занимает до пяти минут.



Рис. 12.5. Aleratec DVD/CD Disc Repair CG

Любопытно, что главным потребителем такого оборудования являются не компании, занимающиеся восстановлением информации, а видеосалоны, пункты проката дисков и библиотеки. При действующих в США ценах на лицензионные DVD, выдаваемые напрокат, их восстановление более чем оправданно с экономической точки зрения.

Выбор привода

Конструкция любого привода лазерных дисков (рис. 12.6) остается практически неизменной с самого момента их изобретения в конце XX века. Эволюция дисководов CD или DVD, читающих или записывающих, шла по пути непринципиальных изменений в устройстве лазеров, фотоприемников и оптических элементах. Разумеется, поддержка новых стандартов требовала и усовершенствования алгоритмов коррекции ошибок, заложенных в микропрограммы приводов.

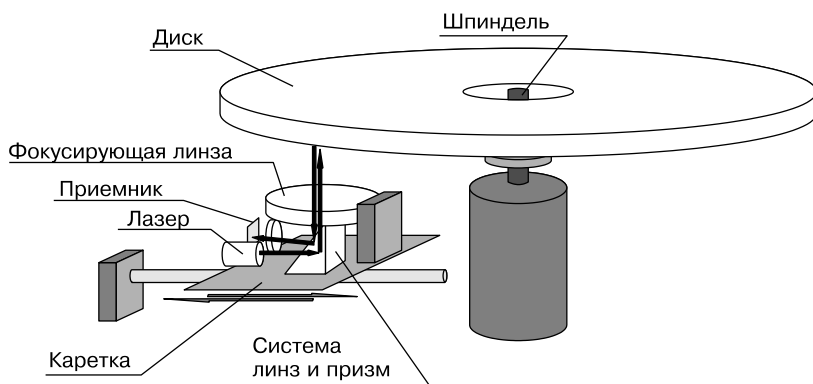


Рис. 12.6. Схема устройства дискового привода

Диск вращается на оси шпинделя. Частота вращения шпинделя достигает до 12 000 об/мин. Под диском перемещается по направляющим каретка. На ней крепятся миниатюрный полупроводниковый лазер, система линз, призм и зеркал, а также приемный фотоэлемент. В современных комбинированных приводах лазеров может быть несколько. Лазерный луч проходит через оптическую систему, фокусируется на верхней поверхности вращающегося диска, отражается от нее и через те же линзы и призмы вновь попадает на приемник. Приемник преобразует световой луч в электрические сигналы, которые поступают на предварительный усилитель и далее в электронную схему привода.

Верхняя линза подвижна и является фокусирующей. Она закреплена на очень легких подвесах и может немного смещаться относительно остальных деталей оптической системы. Положением этой линзы управляет сложная автоматика, поэтому луч всегда должен точно фокусироваться на отражающем слое компакт-диска. За счет перемещения каретки лазерный луч можно направить на любой участок диска.

По стандарту на компакт-дисках ширина дорожки составляет около 0,6 мкм, расстояние между соседними дорожками — около 1,6 мкм. Каждый элемент до-

рожки (впадина или площадка либо участок, отличающийся по отражающей способности от соседнего на записываемом диске) имеет длину от 0,9 до 3,3 мкм. Для DVD эти размеры значительно меньше. Разница в отражающей способности «темных» и «светлых» участков совсем не велика и составляет не более нескольких десятков процентов. При чтении привод лазерных дисков улавливает довольно незначительные колебания яркости отраженного луча. Когда лазерный луч сфокусирован на отражающем слое диска, создаваемое им пятно должно примерно соответствовать геометрическим размерам дорожек. Если пятно больше, колебания яркости отраженного луча становятся еще меньше, а отклонения в позиционировании усугубляют ситуацию.

На этом уровне чтение — процесс чисто аналоговый, и здесь вполне уместны выражения «чуть больше» и «чуть меньше»! «Цифра» начинается лишь с того момента, когда электроника расценивает, что моментальный уровень сигнала превышает некие пороговые значения или находится ниже их. На уровень сигнала влияет множество факторов: механических, тепловых, электрических, и сочетание их почти непредсказуемо. Этим объясняется, почему многократное чтение одних и тех же участков часто приводит к успеху, на одном приводе диск читается нормально, на другом читается, но неуверенно, а на третьем не читается вовсе. Более того, на число ошибок чтения одного и того же диска на одном и том же приводе случайным образом могут влиять температура, напряжение питания и т. д.

Парадоксально — вовсе не обязательно, что диск будет лучше всего читаться на том же приводе, на котором он был записан! Разнообразие параметров, как самих дисков, так и приводов, достаточно велико. О дешевых болванках от неизвестных производителей и доле брака среди них даже не стоит говорить. Существуют и изначально неудачные модели дисководов.

Качество привода — понятие весьма расплывчатое. К нему можно отнести тщательность и точность изготовления и сборки механики и оптики. К конструктивным отличиям относятся механизмы балансировки и компенсации люфта, свойства лазерного излучателя, а также особенности микропрограммы.

От микропрограммы зависит поведение дисковода при неустойчивом чтении проблемных дисков. В общем случае, чем ниже скорость, тем больше шансов успешно считать диск с плохими оптическими параметрами. При возникновении большого количества ошибок привод должен ступенчато снижать скорость чтения до тех пор, пока чтение вновь не станет устойчивым. Конкретная реализация этого механизма — одна из наиболее важных особенностей различных приводов.

В общем случае, чем ниже скорость вращения диска, тем мягче требования, предъявляемые и к диску, и к приводу. Согласно эмпирическому правилу, о качестве привода CD или DVD можно косвенно судить по соотношению пластика/металл, т. е. по весу устройства и его цене. При этом речь идет о ценах на модели одного поколения.

Хорошо известны приводы от компании Plextor, которая до сих пор считается мировым лидером в этой области. При цене, превышающей среднюю цену распространенных дисководов вдвое или втрое, они отличаются стабильностью работы и долговечностью. Надежными считались и приводы TEAC. Однако модели TEAC выпуска после 2006 года по ряду причин утратили былую славу, и сегодня они мало выделяются в общем ряду приводов CD/DVD/BD.

Способностью прочитывать даже сильно поцарапанный диск или самую некачественную болванку обладали некоторые модели дисководов марки LG. Вместе с тем, за ними было замечено наибольшее число разрывов дисков — это связано с особенностями механизма балансировки.

К сожалению, в наши дни сложно подобрать удачный во всех отношениях привод, ориентируясь на торговую марку. Опытные пользователи, которым часто приходится извлекать данные с нестабильно читающихся дисков, обычно долго выбирают «любимый» дисковод, а пользуются им крайне бережно. Иногда такой привод подключают к компьютеру лишь для чтения проблемного диска, а в остальное время отключают физически во избежание лишнего износа.

На работу привода влияют различные факторы. Например, грязь, попавшая на посадочную площадку шпинделя, способна привести к таким биениям диска, что система фокусировки просто не успевает отслеживать их и корректировать положение фокусирующей линзы. Проблема решается просто — снимите крышку дисковода и очистите посадочное место, особенно резиновое кольцо, салфеткой со спиртом.

Из всей оптики чаще всего загрязняется сторона линзы, обращенная к диску. Это тоже может стать серьезной причиной того, что некоторые диски не распознаются и не читаются приводом. Отсюда вывод — для чтения низкокачественных дисков требуется, в первую очередь, хороший и полностью исправный дисковод!

Попытки прочесть дефектный диск иногда приводят к зависанию компьютера — это неприятная особенность аппаратного интерфейса и операционной системы Windows. Чтобы избежать таких явлений, привод IDE желательно подключать на отдельный шлейф, а еще лучше пользоваться приводом с интерфейсом SATA.

Чтение дисков с поврежденной нулевой дорожкой

Как уже сказано, центральная область диска содержит нулевую дорожку, на которой записаны начальные адреса и длины всех дорожек, общая длина области данных и информация о каждом из сеансов записи. При ее повреждении диск вообще не распознается приводом.

Если микропрограмма привода обнаруживает, что при чтении оглавления диска возникли неисправимые ошибки, она обычно отказывает такому диску в дальнейшей обработке. Несмотря на то, что содержимое ТОС продублировано по всей спиральной дорожке, критически важной является именно читаемость нулевой дорожки. В результате после вставки диска дисковод продолжает «считать», что диска в нем нет. Индикатор готовности на передней панели, помигав, гаснет, и какие-либо дальнейшие действия невозможны.

ПРИМЕЧАНИЕ

Привод выдает в интерфейс служебные сообщения о своем состоянии. Эти сообщения (Error codes или Sense Codes) в шестнадцатеричном формате описаны стандартом MMC-3. Так, например, код 2/3A/01 (Medium not present — tray closed) означает, что лоток закрыт, и диска в дисковом нет; код 3/11/00 (Unrecovered read error) — неисправимая ошибка чтения и т. д.

Всего таких кодов 40. Операционная система Windows, как правило, интерпретирует их обобщенно — как отсутствие диска в приводе, ошибку чтения или ошибку записи (обычному пользователю подробности не нужны). Истинные значения кодов демонстрируют некоторые программы, например IsoBuster, или служебные утилиты от производителей дисководов.

Все прикладные программы обращаются к приводу CD/DVD через его интерфейс. Если микропрограмма отказалась признать наличие диска в приводе, этого диска «не существует» ни для операционной системы, ни для программ — все они работают через интерфейс и микропрограмму дисковода. Нам же достаточно любым образом прочитать содержимое диска и хотя бы получить его посекторный образ. В дальнейшем из этого образа легко будет извлечь полезную информацию, но для начала нужно просто считать «сырую» последовательность блоков.

Для решения проблемы придется доработать сам привод. Устройство для чтения дисков с разрушенной служебной или нулевой дорожкой желательно делать из дисковода, который не жалко подвергнуть небольшому упрощению. Лучше всего для этих целей подойдет достаточно старый низкоскоростной привод — эти устройства обладали надежной механикой и оптикой, а их прошивки были довольно просты.

Воспользуемся тем обстоятельством, что для чтения диска на низком уровне таблица TOC не слишком нужна. Приводу требуются лишь три основных поля TOC:

- ☐ стартовый адрес первой дорожки, чтобы знать, откуда начинать чтение;
- ☐ адрес выводной области диска, чтобы знать, до каких пор можно перемещать каретку;
- ☐ адрес следующей вводной области (только для многосессионных дисков).

Стартовый адрес для всех дисков одинаков — он всегда равен 00:02:00 по временному коду, что соответствует нулевому адресу LBA. Адрес Lead-Out (выводной области) напрямую зависит от объема диска. Однако достаточно, чтобы полученный микропрограммой адрес был не меньше действительного адреса выводной области этого диска, иначе все расположенные дальше сектора окажутся недоступными. Если установить адрес Lead-Out на 80 или даже 90 минут, есть гарантия, что вся поверхность диска будет доступна приводу. Наконец, после вставки диска данные TOC кэшируются в собственной памяти привода и сохраняются там до тех пор, пока диск не будет корректно извлечен.

Благодаря этому микропрограмму удастся обмануть — сначала дать приводу распознать диск с исправной служебной областью, а затем подменить его испорченным диском! О том, что диск извлечен, а затем загружен новый, микропрограмма судит только по срабатыванию датчика лотка привода или нажатию кнопки извлечения диска. Достаточно извлечь нормальный диск, не нажимая кнопку и не выдвигая лоток, а затем точно так же вставить восстанавливаемый диск.

В качестве нормального диска проще всего взять любой CD-ROM с записанным на нем фильмом объемом около 700 Мбайт. В таком случае данные TOC этого диска подойдут к любому восстанавливаемому CD-ROM. Точно так же для восстановления диска CD-R понадобится «правильный» диск CD-R, а для CD-RW — аналогичный CD-RW.

Задача — сделать так, чтобы диски можно было загружать и извлекать без участия кнопки и лотка. Сама процедура модификации привода достаточно проста:

1. Разберите привод. Снимите верхнюю крышку и траверсу, на которой находится пластмассовый «пяточок» с магнитом, прижимающий диск к посадочной площадке шпинделя. Извлеките этот «пяточок» — им нужно будет фиксировать диск вручную.
2. Подключите привод к компьютеру. Включите компьютер. Желательно ограничить скорость вращения диска программным способом.
3. Откройте лоток штатной кнопкой. Затем закройте лоток, одновременно положив на шпиндель хороший диск и прижав его магнитным «пяточком».
4. Дождитесь, когда привод распознает диск и остановит его вращение. Осторожно снимите прижимной «пяточок», хороший диск и вставьте диск, который нужно восстановить (рис. 12.7).



Рис. 12.7. Привод с диском, подготовленные для «обмана»

5. Запустите одну из программ, рассмотренных далее, например, AnyReader или ISO Buster. Снимите посекторный образ диска этой программой.

Пользуясь кешированными данными ТОС, привод благополучно начнет читать секторы подмененного диска. Открывать диск штатными средствами Windows бессмысленно — операционная система тоже кеширует данные о диске и будет искать на нем те файлы, которые были на первом, «правильном», диске!

Описанная методика не обязательно приводит к успеху, но взять ее на вооружение все же стоит. Если проблемный диск не удалось проинициализировать даже таким способом, остается признать, что наши возможности исчерпаны.

Программы для работы с лазерными дисками

Первая особенность восстановления данных с лазерных дисков в том, что многократное чтение одних и тех же участков часто приводит к успеху. Причиной неудач при чтении дефектных лазерных дисков нередко является то, что колебания отраженного луча оказываются «чуть за гранью распознавания». При очередной перефокусировке, позиционировании каретки либо просто от вибрации во время какой-то по счету попытки сектор может быть успешно прочитан. Поэтому все программы, работающие с лазерными дисками, предусматривают возможность многократного чтения одних и тех же участков, если их не удастся прочитать с первого раза.

Кроме того, существует возможность сменить привод и повторить попытки чтения на нем. Отсюда возникает идея дополнения образа в несколько приемов с разных дисководов. Такая технология реализована на практике и оказалась весьма плодотворной!

При восстановлении данных с лазерных дисков понадобятся три вида программ:

- ❑ программы, позволяющие создать посекторный образ диска с пропуском или многократными попытками чтения дефектных секторов:
 - с этой задачей хорошо справляются известные программы CloneCD и CloneDVD, хотя изначально они предназначались для копирования защищенных дисков;
 - среди специальных средств известны программы IsoBuster, AnyReader, Dead Disk Doctor. Эти же программы позволяют в дальнейшем извлекать файлы из полученного файла-образа и являются наиболее полезными при восстановлении данных с нечитаемых дисков;
- ❑ программы для копирования файлов с поврежденного диска, заменяющие штатную процедуру операционной системы Windows. Они способны многократно считывать проблемные секторы и не вызывают сбой системы при встрече с такими секторами. Это программы АКОЛЬ, BadCopyPro и др.;
- ❑ программы, способные извлечь данные с диска с поврежденной файловой системой или восстановить файлы, удаленные с перезаписываемого диска. Эти программы с равным успехом работают и с лазерным диском, и с его файлом-образом. На первом месте стоят рассмотренные ранее пакеты R-Studio и Easy Recovery.

Наконец, не стоит забывать о HEX-редакторах и дисковых редакторах. При наличии определенных навыков, желания и неограниченного времени с их помощью тоже можно извлечь немало ценных данных из образов дисков. Хотя детальное изучение логической организации CD и DVD займет немало времени, почти вся документация есть в открытом доступе.

ISO Buster

Эта программа считается таким же фактическим лидером в области восстановления информации с лазерных дисков, как программа R-Studio в восстановлении

данных вообще. Дистрибутив программы с поддержкой многих языков, в том числе русского, доступен на сайте **www.isobuster.com**.

Программа обладает большим количеством настроек. Окно **Настройки** содержит пять вкладок, вызываемых командами меню **Настройки**. Внутри каждой из них есть вложенные вкладки еще двух уровней (рис. 12.8).

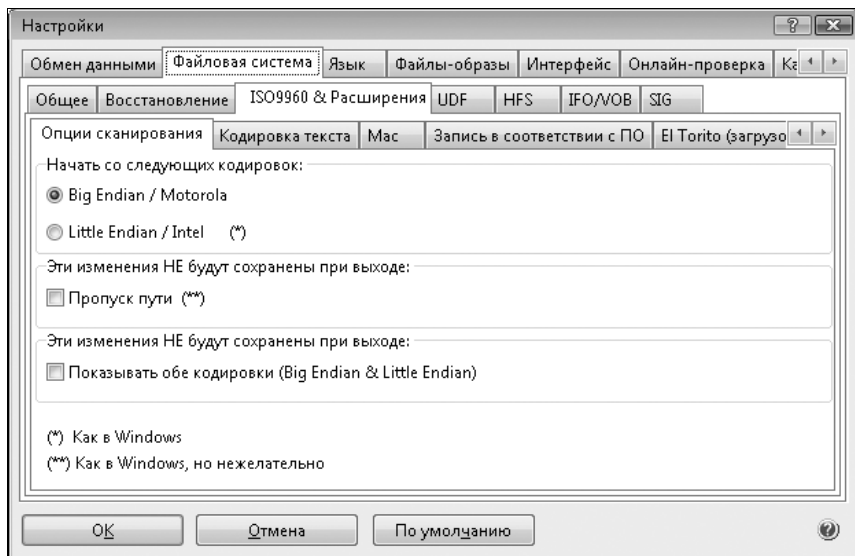


Рис. 12.8. Программа ISO Buster: окно настроек

Настройки, предлагаемые по умолчанию, подходят для большинства ситуаций. Прокомментируем лишь некоторые из настроек в порядке расположения вкладок:

- ❑ **Обмен данными | Параметры чтения** — здесь задаются число попыток чтения и задержка перед повтором;
- ❑ **Попытки переноса мультиблоков** — современные приводы считывают по несколько блоков в один прием (мультиблок). Если при чтении возникает ошибка, программа сначала дает приводу команду вновь прочесть сбойный мультиблок, и указанный параметр определяет число таких попыток. По умолчанию значение равно 2. Каждая попытка занимает около 30 секунд. При наличии большого числа дефектных секторов и не самых ценных данных в этих секторах, число попыток можно уменьшить до одной. Наоборот, если увеличить число попыток до максимума (6), вероятность успешного чтения возрастет, но образ в таком случае может создаваться очень долго;
- ❑ **Попытки переноса одного блока** — если все попытки штатного чтения мультиблока потерпели неудачу, привод затем пытается считать поврежденные блоки по одному. Число таких попыток по умолчанию равно трем, но можно увеличить его до 6;
- ❑ **Использовать задержки** на современных приводах не стоит — оптимальная пауза между попытками формируется микропрограммой дисководов. Однако в

редких случаях установка этого флажка позволяет прочесть некоторые секторы, иначе недоступные;

- ❑ **Файловые системы** — по умолчанию в этой группе вкладок активированы все варианты. Это вполне оправданно, если пользователь не знает заранее, какая файловая система была на восстанавливаемом диске;
- ❑ **Интерфейс | Значки** — на быстродействующем компьютере полезно установить флажки в группе **Показ этих значков**, чтобы в окне программы рядом с файлами и другими объектами отображались дополнительные значки, указывающие на состояние этого объекта;
- ❑ **Временный каталог** по умолчанию создается в стандартном временном каталоге пользователя, т. е. C:\Users\%User%\AppData\Local\Temp\ . При работе с большими дисками, например DVD, целесообразно задать каталог для временных файлов программы на том диске, где больше свободного места.

Процесс восстановления данных можно организовать двояко: либо сначала создать образ и в дальнейшем работать именно с ним, либо работать напрямую с лазерным диском. Если учесть, что на современном компьютере проблемным наверняка окажется процесс чтения диска, целесообразнее использовать первый вариант.

Анализ и обработка образа — типичная процессорная задача, и извлечение данных из образа на жестком диске пойдет гораздо быстрее, чем те же операции, связанные с непосредственным обращением к испорченному носителю. В то же время, если нужно восстановить с диска вполне определенный файл или папку, создавать образ диска не стоит — сначала нужно попытаться найти и восстановить один этот объект.

1. Запустите программу. Выберите в раскрывающемся списке в верхней левой части окна нужный дисковод. Через короткое время появится дерево сессий, дорожек и папок, а справа от него в рабочей области окна — содержимое выбранной папки.
2. Попытайтесь найти нужные файлы или папки. Если они есть в списке, можно продолжить работу, используя простые средства. Щелкните правой кнопкой мыши на нужном объекте. Появится контекстное меню (рис. 12.9). В нем доступны несколько действий:
 - команда **Извлечь [имя_файла]** на уровне дисковода извлекает из прочитанных блоков полезную информацию (2048 байтов из каждого блока) и затем сохраняет в указанное место в виде файла. Точно так же можно извлечь содержимое целой папки, сессии или дорожки с сохранением структуры файлов и папок. Вариантами этой команды являются команды **Выполнить** и **Извлечь и выполнить**;
 - при выполнении команды **Извлечь как Raw и преобразовать в пользовательские данные** на уровне привода полностью извлекаются и передаются в интерфейс сырые (Raw) данные блоков, а программа IsoBuster извлекает из них содержательную часть и сохраняет ее в виде файлов;
 - функция **Извлечь и отфильтровать только M2F2 MPEG кадры** полезна только для извлечения видеоданных с видеодисков. Полученный файл с рас-

- ширением `prg` затем сохраняется на жесткий диск и может быть просмотрен обычными программами-проигрывателями;
- при выполнении команды **Извлечь Raw-данные (2352 байт/блок)** извлекаются и сохраняются полные сырые (Raw) данные блоков. Чтобы выделить избыточную информацию, такой файл должен быть впоследствии обработан программой восстановления файлов определенного формата или отредактирован вручную в HEX-редакторе. При восстановлении DVD эта функция неприменима, т. к. на дисках DVD блоки содержат лишь пользовательские данные.

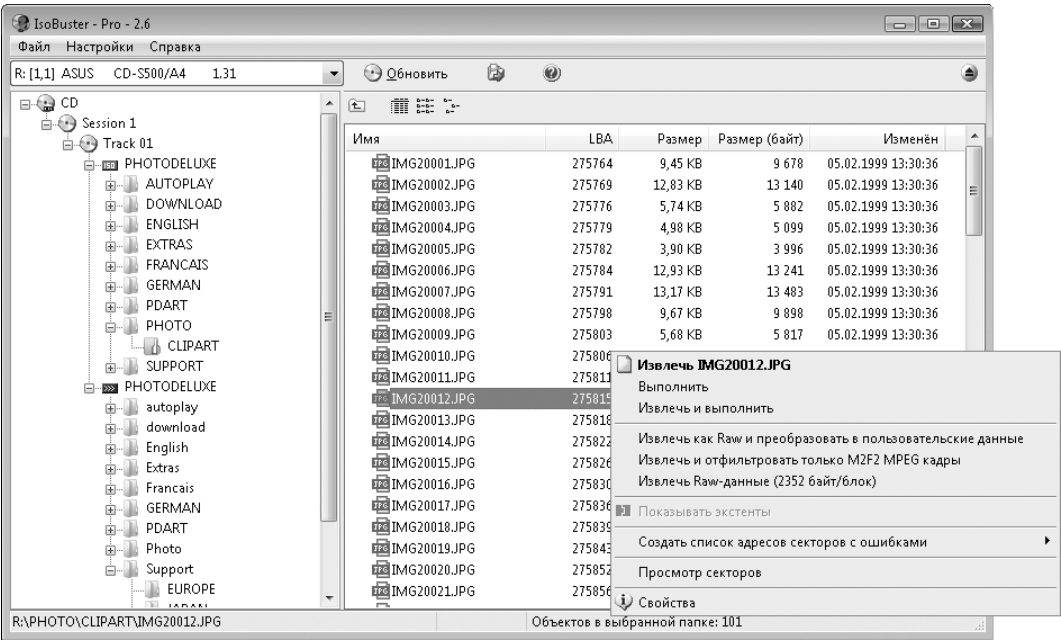


Рис. 12.9. Главное окно программы и контекстное меню объекта

3. Сохраните выбранную папку или файл на жесткий диск. Это самый простой и удачный вариант восстановления данных.
- Если на диске серьезно искажена файловая система, структура папок в окне программы не появится. В таком случае целесообразно сначала сохранить бинарный образ диска, сессии или дорожки, а затем попробовать извлечь из него полезную информацию этой же или другой программой. Извлечение образа дорожки или сессии оправданно при работе с аудио- и видеодисками, для дисков с данными предпочтительно создавать образ всего диска. В процессе сканирования образа или лазерного диска программа ищет в нем сигнатуры и другие характерные элементы файлов и, основываясь на них, пытается воссоздать файл.
- Стандартным и общепринятым способом является извлечение сырых (Raw) или только значащих данных в двоичный файл с расширением `iso` или `bin`. У этого метода есть несколько разновидностей: с выделением значащих частей блоков на

уровне микропрограммы привода или на уровне программы, извлекающей образ. Расширение файла роли не играет — в любом случае это потоковый двоичный файл.

1. Щелкните кнопкой мыши на корневом значке дерева (CD или DVD). Выполните команду меню **Файл | CD | Извлечь CD [Образ]** и в последнем из каскадных меню выберите одну из трех команд:

- **Пользовательские данные (*.tao, *.iso);**
- **Raw2User (*.tao, *.iso);**
- **Raw (*.bin, *.iso).**

2. В окне сохранения файла-образа укажите имя файла и папку, в которую его следует поместить.

Полезная особенность программы — извлечение образа в специальном собственном формате. Набор файлов IBP/IBQ является «управляемым образом» (Managed image file). Такой набор из двух или более файлов содержит, помимо самого образа, сведения об удачных и неудачных попытках чтения. Если образ сохранялся в этом формате, но создание его по каким-либо причинам не удалось завершить, можно продолжить извлечение образа в несколько приемов, например, изменив настройки чтения или заполировав царапины на диске.

Как уже говорилось, разные дисководы нередко дают сбой на совершенно разных блоках одного и того же проблемного диска — это зависит от их аппаратных особенностей. Сохранение образа в формате IBP/IBQ позволяет также, начав чтение на одном дисковом устройстве и столкнувшись с большим числом нечитаемых секторов, продолжить и завершить чтение диска на другом приводе.

1. Для этого вставьте диск в один из приводов. После распознавания диска и появления в окне программы дерева файлов и папок щелкните кнопкой мыши на корневом значке дерева (CD или DVD). Выберите команду меню **Файл | CD | Создать файл-образ IBP/IBQ**. В окне сохранения файла укажите имя файла и папку. Начнется процесс извлечения образа.

2. Откройте полученный файл-образ IBP (командой меню **Файл | Открыть файл-образ**). Откроется окно, в котором предлагается выбрать один из вариантов действий с незавершенным или неполным файлом-образом (рис. 12.10). Выберите тот вариант, который подходит к данной ситуации;

- если создание образа было прервано на каком-то месте, целесообразно только **Завершить образ в конце;**
- если же файл содержит пропуски из-за неисправимых ошибок чтения, следует **Перечитать сбойные участки и заполнить ими промежутки.**

3. Переставьте диск в другой привод. В следующем окне выберите этот дисковод (рис. 12.11).

В результате получится сборный файл-образ. Программа корректно отслеживает сбойные участки при каждой попытке и вносит в файл-образ удавшиеся попытки чтения. Попытки чтения можно повторять сколько угодно раз, меняя настройки

чтения на тех же или разных приводах. Если в программе был открыт файл образа, в меню **Файл | CD** и в контекстном меню диска присутствует команда **Завершить этот файл-образ**. Выберите ее, и откроется окно, как на рис. 12.10.

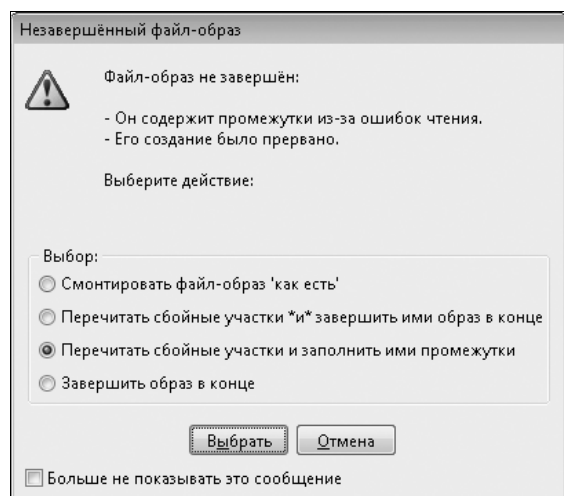


Рис. 12.10. Варианты открытия незавершенного или неполного образа

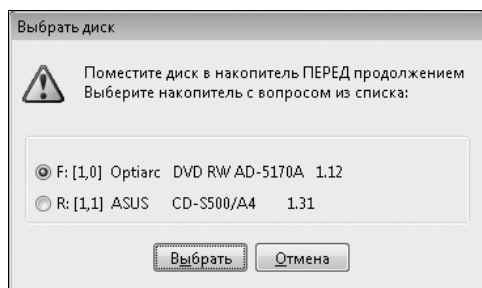


Рис. 12.11. Выбор накопителя для продолжения извлечения образа

Еще одно применение такого метода касается восстановления раритетных коллекционных дисков, если в распоряжении пользователя оказались несколько экземпляров одного и того же диска. Просто дополните образ с двух или трех дисков. Наверняка повреждения на них окажутся в разных местах.

Из-за этой функции IsoBuster и считается одним из лучших программных инструментов для работы с поврежденными лазерными дисками. По крайней мере, на этапе создания образа диска. Эта программа и сама успешно извлекает из образа файлы по их сигнатурам, но здесь уже появляются альтернативы. Хотя процедура поиска утерянных файлов в образе достаточно хорошо отработана, разные утилиты все же используют немного отличающиеся алгоритмы, и в каждом конкретном случае их эффективность различна.

С полученным образом IBP/IBQ может работать только программа IsoBuster. Другим программам, например R-Studio, этот формат не подходит, и файл нужно преобразовать в стандартный формат ISO или BIN.

Для этого откройте файл IBP в программе IsoBuster, а затем выберите одну из команд группы **Файл | CD | Извлечь CD [Имя_Образа]**. Получится стандартный двоичный файл-образ диска, состоящий из «сырых» секторов по 2352 байта или только значимой информации из 2048 байтов каждого сектора. Далее с ним можно делать все, что угодно.

Извлечение потерянных файлов из образа или непосредственно с диска средствами программы IsoBuster выполняется очень просто. Настройки поиска задаются в окне настроек программы на вкладке **Файловая система | Восстановление**. По

умолчанию все четыре флажка установлены, и программа будет искать потерянные сессии, файлы на дисках с ISO9660, UDF, а также файлы по их сигнатурам во всех случаях.

1. Щелкните правой кнопкой мыши на значке диска (корень дерева файлов и папок) и в контекстном меню выберите команду **Поиск потерянных файлов и папок**. Начнется сканирование диска или его образа, которое происходит в несколько этапов.
2. После завершения сканирования в левой части окна программы выводится виртуальное дерево файлов и папок (рис. 12.12). Помимо объектов, отнесенных к файловой системе, в нем есть два дополнительных элемента: **Потерянные и найденные в UDF** и **Файлы, найденные по их сигнатуре**. Щелкните кнопкой мыши на одном из этих элементов, и в правой части окна будут перечислены файлы, обнаруженные при сканировании на этом этапе.

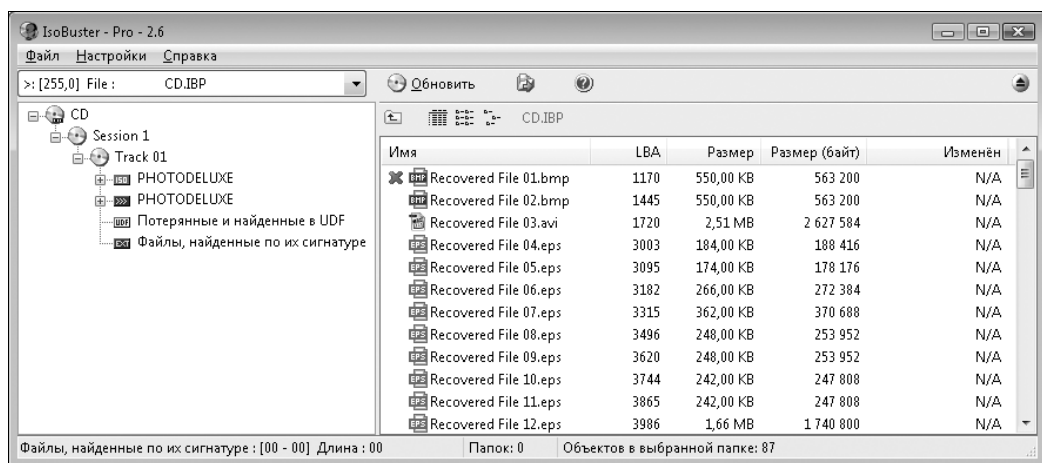


Рис. 12.12. Результат сканирования образа

3. Для восстановления найденных файлов выделите их. Несколько файлов выделяются кнопкой мыши при нажатой клавише <Shift>. Затем щелкните на них правой кнопкой мыши. В контекстном меню выберите команду **Извлечь объекты**. Выбранные файлы будут сохранены в указанную папку.

В работе с этой программой очень помогает развитая система контекстных меню — они вложенные, состоят из двух и даже трех уровней. Для любого объекта, отображаемого в дереве или списке в правой части окна, из такого меню можно вызвать практически любое действие.

Еще один полезный инструмент — встроенный HEX-редактор. Для его вызова достаточно в контекстном меню любого объекта (см. рис. 12.9) выбрать команду **Просмотр секторов**. Существенно, что в окне редактора при этом открываются именно те секторы диска, к которым относится начало выбранного объекта.

CDRoller

CDRoller (www.cdroller.com) — многофункциональная программа для работы с лазерными дисками (CD, DVD, BluRay). Она включает в себя несколько мастеров для выполнения наиболее востребованных задач:

- ☐ просмотр и копирование нормально читаемых файлов и папок;
- ☐ копирование аудиотреков и содержимого видео-DVD на жесткий диск в виде файлов;
- ☐ тестирование лазерных дисков;
- ☐ собственно восстановление данных с поврежденного компакт-диска.

CDRoller, как и все подобные программы, позволяет снимать и сохранять ISO-образы лазерных дисков. Для этого в главном окне программы выберите дисковод с загруженным в него диском и вызовите команду меню **Tools | Extract to ISO Image File** (Инструменты | Извлечь в файл образа ISO) или нажмите сочетание клавиш **<Ctrl>+<E>**.

Самый простой способ скопировать с диска все возможные файлы, как «читаемые», так и «нечитаемые» — воспользоваться мастером восстановления. При этом выполняется автоматический анализ типа диска и файловых систем на нем, а затем все обнаруженные данные копируются в указанный каталог.

В главном окне программы выберите дисковод с загруженным в него диском и нажмите на панели инструментов кнопку **Recover All** (Восстановить все). Начнется процесс анализа и извлечения файлов (рис. 12.13).

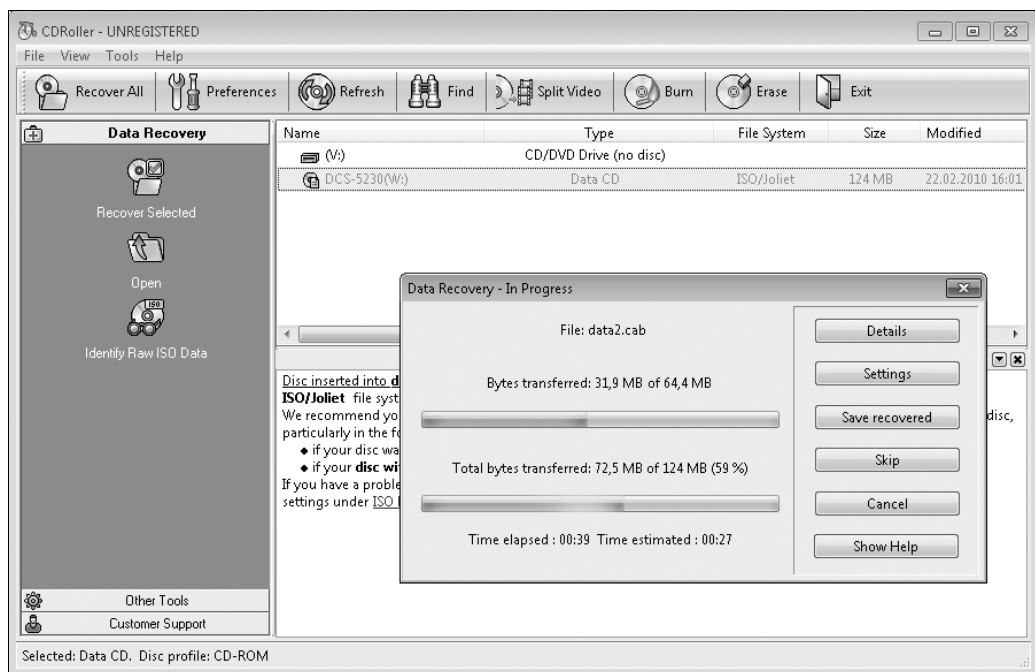


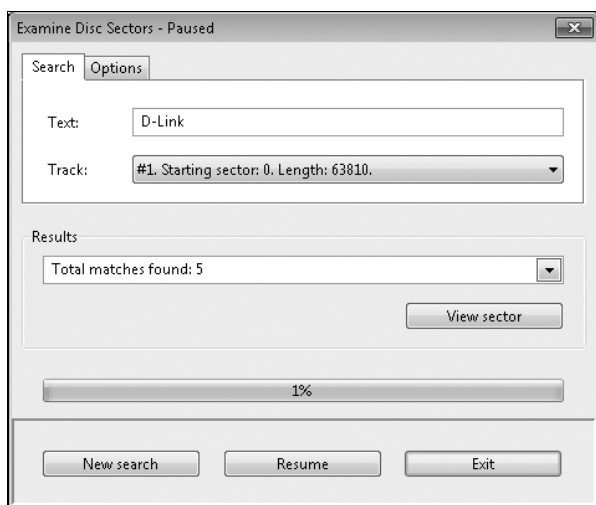
Рис. 12.13. Программа CDRoller: сканирование диска

Когда сканирование диска закончится (в зависимости от состояния поверхности эта процедура может протекать довольно долго), нажмите в диалоговом окне восстановления кнопку **Save recovered** (Сохранить восстановленное). Найденные и считанные файлы будут сохранены в указанную вами папку.

Со всеми возможностями программы вы можете ознакомиться в ее справочной системе. На сайте также доступно подробное руководство в формате PDF.

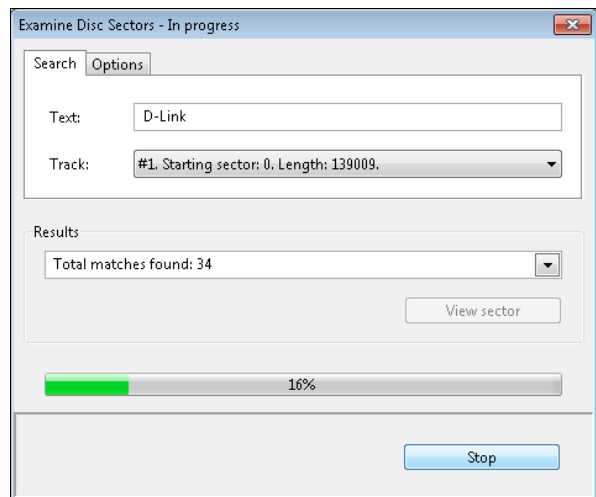
Как и в ISO Buster, программа CDRoller снабжена встроенным HEX-редактором. Для его вызова выберите команду меню **Tools | Examine Sectors** (Инструменты | Исследовать секторы) или на боковой панели в левой части окна нажмите кнопку **Examine Sectors** (Исследовать секторы) в группе **Other Tools** (Другие инструменты).

Откроется диалоговое окно **Examine Disc Sectors** (Исследовать секторы диска). Введите в поле **Text** (Текст) образец, который вы хотите найти на диске (рис. 12.14, а), и нажмите кнопку **New search** (Новый поиск). Программа начнет сканирование диска и поиск вхождений, совпадающих с заданным образцом (рис. 12.14, б).



а

Рис. 12.14. Поиск текста по образцу



б

В любой момент вы можете прервать процесс сканирования, нажав в этом диалоговом окне кнопку **Stop** (Стоп). При этом в раскрывающемся списке **Results** (Результаты) будут перечислены все вхождения, обнаруженные к настоящему моменту.

ПОЯСНЕНИЕ

Пока идет сканирование, окно имеет вид, показанный на рис. 12.14, б. После нажатия кнопки **Stop** (Стоп) сканирование приостанавливается, и окно приобретает вид, как на рис. 12.14, а. После нажатия кнопки **Resume** (Продолжить) сканирование возобновляется, и опять появляется кнопка **Stop**.

Для просмотра содержимого сектора выберите вхождение в раскрывающемся списке **Results** (Результаты) и нажмите кнопку **View sector** (Просмотреть сектор). В новом окне откроется HEX-редактор (рис. 12.15). Искомый образец выделяется в обеих половинах окна просмотра: как шестнадцатеричные значения и как текст.

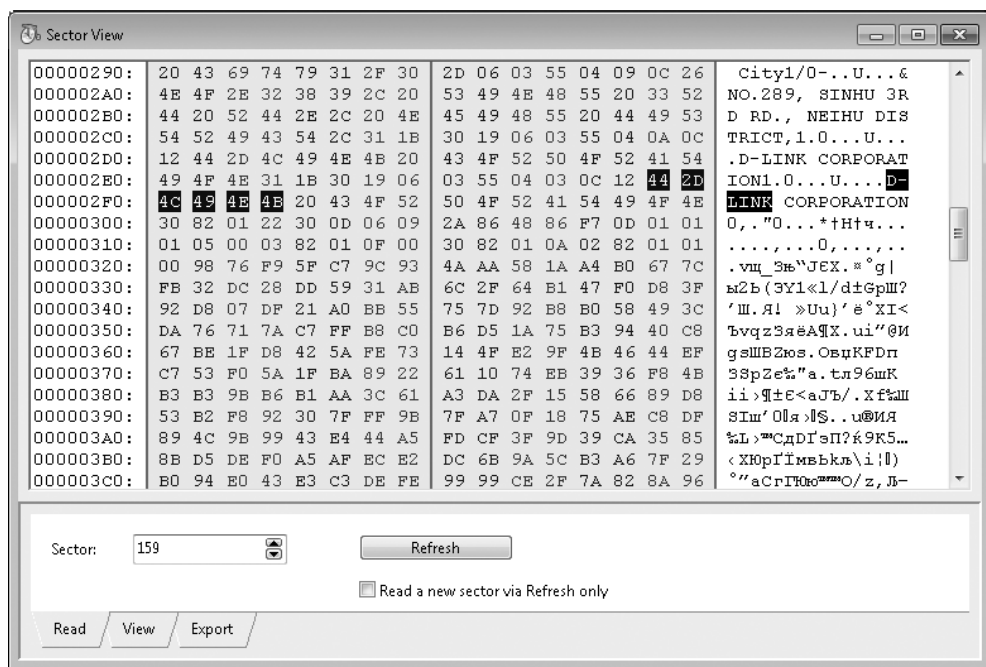


Рис. 12.15. Просмотр сектора в HEX-редакторе

Щелчок правой кнопкой мыши в окне редактора вызывает контекстное меню. Наиболее интересна в нем команда **Encoding** (Кодировка). С ее помощью выбирается любая из более чем полусотни кодировок, в соответствии с которой шестнадцатеричные значения будут интерпретироваться в правой части окна.

Для перехода к произвольному сектору введите его номер в поле со счетчиком **Sector** (Сектор). Чтобы программа прочитала содержимое указанного сектора и обновила содержимое окна, нажмите кнопку **Refresh** (Обновить).

На вкладке **Export** (Экспорт) отображается то же содержимое. Однако в нижней части вкладки доступны кнопки **Copy Selected** (Копировать выделенное) и **Print**

(Печать). Таким образом, вы сможете скопировать данные непосредственно из HEX-редактора.

Обе рассмотренные программы (ISO Buster и CDRoller) помогают извлечь информацию с лазерных дисков в довольно сложных случаях. Например, если заранее неизвестны тип файловой системы, была ли она корректно создана или заперчена еще в процессе записи диска, внимание следует обратить в первую очередь на любое из этих двух средств. Бывает, что в числе прочих повреждены секторы, содержащие записи файловой системы. В такой ситуации диск одновременно содержит и физические, и логические ошибки — здесь также наиболее оправдано применение программ ISO Buster или CDRoller.

Отличительная черта CDRoller — расширенная поддержка дисков, записанных различными «некомпьютерными» устройствами, например, цифровыми камерами или пишущими DVD-плеерами. Такая поддержка заключается в том, что программа работает с целым рядом малораспространенных и специфических Raw-форматов.

AnyReader

Программа AnyReader (www.anyreader.com) — пример простого решения, рассчитанного на неподготовленных пользователей. Основная идея программы заключается в повторных попытках копирования файлов и «сборке» результатов нескольких сессий.

Такой подход незаменим при условии целостности логической структуры данных — программа работает на уровне файловой системы или протоколов прикладного уровня. Помимо копирования файлов с проблемных дисков, программа позволяет получать файлы по сети при частых сбоях и неустойчивой связи — используется один и тот же механизм коррекции ошибок.

Интерфейс программы организован в виде мастера. Процесс копирования, в зависимости от конкретной задачи, поделен на пять или шесть шагов:

1. Запустите программу и в окне приветствия нажмите кнопку **Далее**. Откроется окно выбора задачи (рис. 12.16). Таких задач четыре:

- копирование файлов с поврежденных носителей, независимо от вида носителя;
- копирование информации с поврежденных лазерных дисков. При этом можно создать образ всего диска либо скопировать отдельно взятые файлы;
- копирование файлов по нестабильным сетям, например сетям Wi-Fi или Bluetooth, работающим на пределе дальности;
- ремонт поврежденных файлов по нескольким их копиям.

В нашем случае подходит вариант **Копировать информацию с поврежденных CD/DVD/BlueRay/HDDVD** — программа выполнит, при необходимости, повторное чтение проблемных секторов. Выберите этот вариант и нажмите кнопку **Далее**.

2. На втором шаге установите переключатель в одно из двух положений: **Копировать файлы** или **Копировать образ диска**. Образ диска потребует дальнейшей

записи на другой лазерный диск или обработки его другими программами восстановления. Чтобы ограничиться собственными средствами программы, выберите первый вариант. Нажмите кнопку **Далее**.

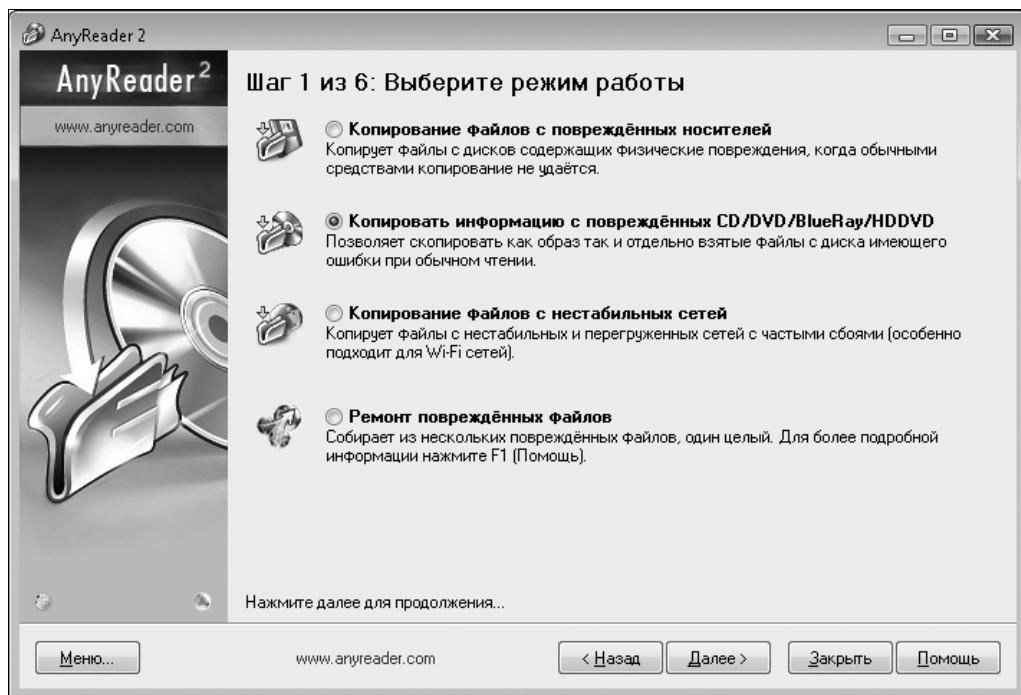


Рис. 12.16. Программа AnyReader: выбор задачи

3. В окне программы появится дерево файлов и папок. Установите флажки напротив тех файлов и папок, которые требуется извлечь, и нажмите кнопку **Далее**. Откроется следующее окно, в котором задаются параметры копирования (рис. 12.17).
4. Выберите папку для сохранения извлеченных файлов. Счетчик **Количество попыток чтения битого сектора** по умолчанию установлен на 1, а **Пауза между попытками чтения битого сектора** задана в 100 мс (0,1 с). Интереснее всего раскрывающийся список **Степень поврежденности носителя**. Он позволяет одним щелчком мыши автоматически задать оптимальные параметры копирования. Нажмите кнопку **Далее**, и начнется копирование файлов.
5. На пятом шаге показывается только выполнение задачи. Когда копирование завершится, нажмите кнопку **Далее**, которая становится активной.
6. На последнем шаге можно, нажав соответствующую кнопку, выбрать одно из трех действий:
 - открыть папку с сохраненными с диска файлами;
 - запустить мастер снова, чтобы прочитать другой диск;
 - отправить отзыв разработчикам программы.

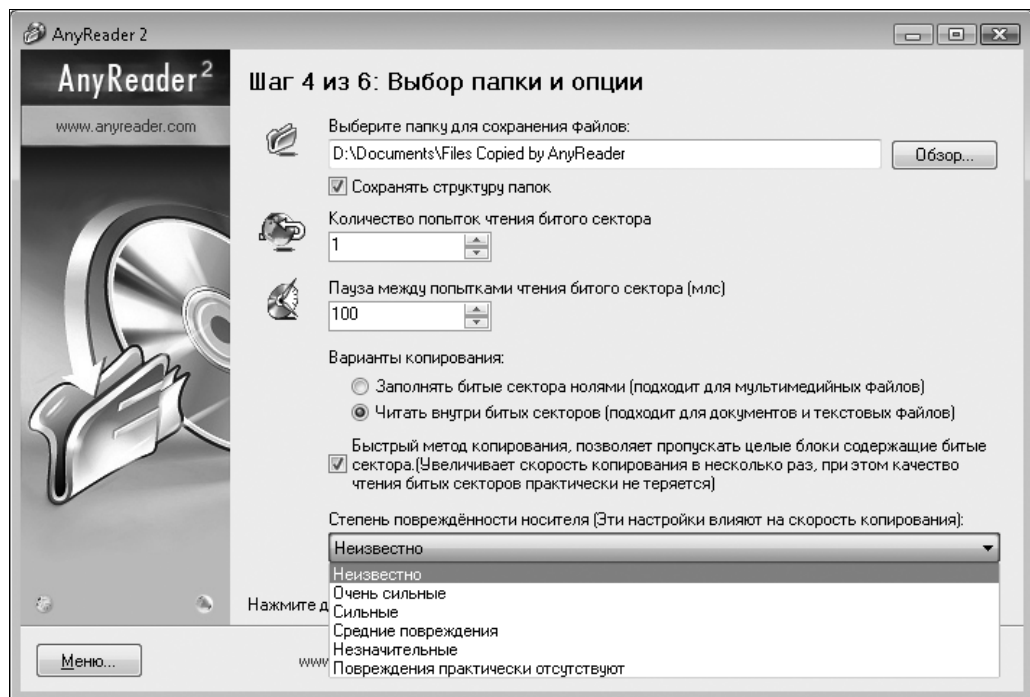


Рис. 12.17. Выбор параметров копирования

За простым интерфейсом AnyReader скрывается целый набор довольно эффективных и автоматически подстраиваемых алгоритмов. Сравнения на практике показывают, что при копировании дисков с «битыми» секторами эта программа оказывается в числе лучших.

Восстановление данных из образа

Хотя в некоторых случаях уместно извлечение данных непосредственно с лазерного диска, работа с образами считается основной тактикой. Многократное чтение одних и тех же блоков до успешного финала — процедура долгая (иногда она длится несколько часов). Лучше выполнить ее однажды, а потом просто открывать посекторный образ диска, чтобы извлекать из него данные любыми подходящими средствами. Такие средства условно разделяются на две группы:

- к первой отнесем программы, подобные описанным ранее. Они сами формируют образы и сами же проводят их дальнейший анализ;
- вторая категория — программы «общего назначения», способные работать с ISO-образами. Их мы уже обсуждали в предыдущих главах: R-Studio, EasyRecovery и др.

Чему отдать предпочтение? Скорее всего, ответ находится экспериментальным путем! После того, как методом «длинного чтения» получен достаточно полный образ, дальнейший его анализ с извлечением файлов труда не составит!

«Контрольная сумма»

Главная особенность работы с лазерными дисками — возможность подбирать и менять приводы. Кроме того, к успеху часто приводит «длинное чтение».

Восстановление прозрачности нижней поверхности диска — достаточно эффективный прием, который позволяет прочесть диски с механическими повреждениями. Для полировки изобретены различные приспособления и пасты.

Среди программных средств особое место занимают те, которые создают образы или копируют файлы в несколько проходов. Помимо них с лазерными дисками отлично работают все популярные программы восстановления данных, например, R-Studio. Однако специализированные приложения наподобие ISOBuster применять хотя бы на этапе снятия образа предпочтительнее. Возможности многократного чтения и смены дисководов слишком заманчивы, чтобы ими пренебречь!

Заключение

Наверное, эту книгу правильнее было бы назвать «Введением в восстановление данных». Значительная ее часть посвящена простым средствам и приемам, которыми легко овладеть любому системному администратору, ремонтнику, да и просто «продвинутому пользователю».

Однако автор постарался не ограничиваться только простейшими решениями. Вторая задача книги — показать направления и возможности в очень интересной и нужной сфере восстановления данных. Почти каждый реальный случай потери информации — задача со многими неизвестными. Не последнюю роль в ее решении играет интуиция, а она нуждается в регулярной тренировке.

Чтобы восстанавливать информацию «по-настоящему», нужны известные материальные ресурсы. Мало иметь золотые руки. Желательно еще вооружить их достойным инструментом — и «железным», и программным. К сожалению, менять БМГ под вытяжкой на кухонном столе — верный способ «добить» винчестер, который в нормальных условиях еще можно было бы спасти. Точно так же, профессиональное программное обеспечение вряд ли когда-нибудь станет бесплатным, да и без соответствующих аппаратных компонентов оно почти бесполезно.

Что же делать, если приобретение программно-аппаратных комплексов или ламинарного бокса в ближайшее время не по карману, а частота заказов пока явно не оправдывает таких расходов? Ответ однозначный — обязательно браться за все работы подобного рода и за счет этого совершенствовать свои навыки! В любом случае, диагностика и анализ ситуации останутся за вами.

Другое дело, что, проведя диагностику, нужно остановиться и подумать: как поступить дальше? Здесь важно не навредить и удержаться от необратимых поспешных действий. Главным образом это касается работ, связанных со вскрытием гермоблока.

В сфере восстановления данных отношение к посредникам совершенно разумное. Как, впрочем, и в ремонте ноутбуков и материнских плат — здесь тоже многое зависит от наличия оборудования и запчастей. В крупных городах почти обязательно найдутся опытные мастера, располагающие всем необходимым, а ведущие российские компании охотно работают с партнерами из регионов. Даже если передавать им какую-то часть работы, к которой вы пока не готовы, ценный опыт будет добавляться и в вашу копилку.

Еще раз вспомним народную мудрость — «глаза боятся, а руки делают»! Если эта книга пролила свет хотя бы на некоторые вопросы восстановления данных, все остальное в ваших руках, уважаемый читатель. Остается попробовать, проверить, экспериментировать, а к положительному результату вы придете обязательно!

Предметный указатель

A

AFR 10
AnyReader (программа) 297

B

Boot Record *См.* Загрузчик

C

CDRoller (программа) 294
CHS 34

D

Data Doctor Recovery — SIM Card
(программа) 266
Data Extractor UDMA (программа) 111
Data Recovery Wizard (программа) 144
Dekart SIM Explorer (программа) 269
Dekart SIM Manager (программа) 268
Dirty Bit *См.* "Грязный бит"

E

EasyRecovery (программа) 135
EFI 39

F

FAT 46
File Recovery Tools (программа) 240
File Scavenger (программа) 212
Flashnul (программа) 233

G

GetDataBack for NTFS (программа) 140

GPT 38
GUID 38

H

HD Duplicator (программа) 198
HDClone (программа) 201
Hexplorer (программа) 28, 65
HSA *См.* Блок магнитных головок

I

Intel Matrix Storage 83
iPod 247
ISO 9660 58
ISO Buster (программа) 288

J

JBOD 82
Joliet 59

L

LBA 34
◇ пересчет в CHS 35
Live CD
◇ сборка BartPE 144
LiveCD 113
◇ Hiren's BootCD 114

M

MBR *См.* Главная загрузочная запись
MFT 51
MHDD (программа) 177
MLC 249
MTBF 10

N

NAND 19
Nero Drive Speed (программа) 276
Nero Info Tool (программа) 57
NOR 19
NTFS 51
NVM 258

O

ObjectRescue Pro (программа) 243

P

PC-3000 110
PCB *См.* Печатная плата (винчестера)
PTDD (программа) *См.* Data Recovery Wizard

R

RAID 77
◇ RAID 0 80
◇ RAID 1 80
◇ RAID 10 82
◇ RAID 3 81
◇ RAID 5 81
◇ RAID 6 82
◇ аппаратная реализация 77
◇ восстановление средствами контроллера 207
◇ повреждение массива 207
◇ программная реализация 78
◇ разрушение массива 207
RAID Reconstructor (программа) 217
R-Studio (программа)
◇ восстановление RAID-массива 209

◇ открытие образа диска 121
◇ поиск файлов по сигнатурам 129
◇ создание образа диска 118

S

Selfscan 161
SIM-карта
◇ уровни доступа 261
◇ файловая система 259
SMART 83
◇ атрибуты 83
Smart Flash Recovery (программа) 241
SSD 23, 249
◇ поколения 250
◇ проблема TRIM 253
System Volume Information 69

T

Test Disk (программа) 125
TOC 284
Transil *См.* Диод-супрессор

U

UDF 60
Unicode (кодировка) 62

V

VCM *См.* Контроллер привода шпинделя
и позиционирования блока головок
VolumeDirty *См.* «Грязный бит»

W

WinHex (программа) 31

A

Адаптивы 161
Архивация и восстановление (служба Windows) 69

Б

Блок магнитных головок 156

В

Виртуальная машина 41, 101
Вирусы компьютерные 93

Г

Гермоблок 154
Главная загрузочная запись 32
«Грязный бит» 93

Д

Джампер 159
Динамический том 78
Диод-супрессор 163, 170

Ж

Жесткий диск
◊ инициализация 42
◊ показатели надежности 10
◊ тепловой режим 11, 182
◊ технологический интерфейс 188
Журналирование 52

З

Загрузчик 33

К

Картридер 22, 239
Код типа раздела 35
Контроллер привода шпинделя и
 позиционирования блока головок 159
Корзина (элемент Windows) 98

Л

Лазерный диск
◊ пакетная запись 60
◊ служебная дорожка 57
◊ типы 13

М

Микропрограмма жесткого диска 90
Муха цеце 193

Н

Нетбук 254

О

Образ диска 117
◊ как метод резервного копирования 73
◊ несжатый 118
◊ сжатый 118

П

Парковка головок 156
Перекрестная ссылка 94
Печатная плата (винчестера) 158
Потерянный кластер 94
ППЗУ жесткого диска 90
Прежние версии файлов (Windows 7) 71

Р

Раздел
◊ расширенный 36
◊ скрытый 36
◊ создание средствами Windows 44

С

Сигнатура файла 61
Слайдер 156
Смещение 28

Т

Таблица разделов 33
◊ автоматическое восстановление 144
◊ восстановление вручную 149
Точка восстановления 69

У

Утилиты командной строки
◊ chkdsk 93, 95
◊ fsutil 93

Ф

Флаг активности раздела 34
Флеш-диск USB
◊ типичные неисправности 228
◊ устройство 224
Флеш-память 18
◊ срок службы 24

Ч

Чистая комната 106