

Юрий Смирнов

# СЕКРЕТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕСТКИХ ДИСКОВ ПК

Санкт-Петербург  
«БХВ-Петербург»

2011

УДК 681.3.06  
ББК 32.973.26-018.2  
С50

## **Смирнов Ю. К.**

С50 Секреты восстановления жестких дисков ПК. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 272 с.: ил. — (Аппаратные средства)

ISBN 978-5-9775-0706-6

Раскрыто множество секретов восстановления винчестеров SATA и IDE с дефектами магнитного слоя и логическими нарушениями в структуре разделов. Показано, как своевременно обнаруживать появление неисправностей на винчестерах и полностью исправлять дефекты жестких дисков без потери ранее накопленной информации, сохранять образы операционных систем и восстанавливать их на любых разделах других винчестеров своего компьютера, в полной мере защищать информацию от воздействия вирусов. Описан минимизированный состав программного обеспечения для ремонта и тестирования винчестеров в домашних условиях без вскрытия корпуса жесткого диска. Приведено множество примеров восстановления винчестеров с подробными описаниями процессов устранения дефектов. Все рекомендации проверены экспериментально на большом количестве винчестеров.

*Для широкого круга пользователей ПК*

УДК 681.3.06  
ББК 32.973.26-018.2

### **Группа подготовки издания:**

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Евгений Рыбаков</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Владимир Красовский</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 30.06.11.  
Формат 70×100<sup>1/16</sup>. Печать офсетная. Усл. печ. л. 21,93.  
Тираж 1200 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 978-5-9775-0706-6

© Смирнов Ю. К., 2011  
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2011

# Оглавление

<b>Предисловие</b> .....	<b>7</b>
<b>Глава 1. Винчестеры SATA, IDE, USB и их эксплуатационные проблемы</b> .....	<b>11</b>
1.1. Почему мы выбираем винчестеры SATA .....	11
1.2. Параметры и характеристики современных винчестеров SATA.....	13
1.2.1. Эксплуатационные характеристики, климатические условия, допустимые вибрации.....	13
1.2.2. Потребляемые напряжения и токи, тепловыделение и охлаждение винчестеров.....	18
1.2.3. Уровни сигналов в интерфейсе SATA и скорости обмена данными .....	22
Интерфейсные сигналы и сигнальные кабели .....	22
Реальная пропускная способность интерфейса SATA .....	23
1.2.4. Твердотельные винчестеры (SSD) на основе флэш-памяти .....	26
1.3. Критичность напряжений питания, поступающих на винчестеры SATA.....	28
1.3.1. Выбор блока питания для винчестеров SATA .....	29
1.3.2. Стандартные требования к питающим напряжениям для винчестеров SATA .....	31
1.3.3. Распределение питающих напряжений в ПК.....	31
Критические значения питающих напряжений винчестеров SATA.....	34
Токи, потребляемые винчестерами SATA по цепи +5 В .....	35
1.4. Основные проблемы эксплуатации винчестеров SATA и их решение .....	36
1.4.1. Невозможность определения винчестера SATA в BIOS и другие недостатки .....	36
1.4.2. Опасности, возникающие из-за появления дефектных секторов на винчестере SATA, и их устранение .....	37
1.4.3. Ошибки в логической структуре винчестера .....	39
1.4.4. Сходная проблема — как заставить устойчиво работать приводы оптических и гибких дисков .....	39
1.5. Внешние винчестеры SATA с интерфейсом USB для сохранения образов и других данных.....	40
1.5.1. Выбор внешнего накопителя SATA.....	40
1.5.2. Параметры и характеристики накопителя Transcend StoreJet™ 2.5 SATA .....	41
1.5.3. Подключение внешних винчестеров к порту USB .....	43
1.5.4. Реальные скорости обмена данными для внешнего винчестера .....	44
1.5.5. Использование адаптера FUBCA с интерфейсом USB для винчестеров IDE, SATA типоразмеров 2,5 и 3,5 дюйма и оптических приводов 5,25 дюйма.....	46

1.6. Подключение восстанавливаемых жестких дисков к разъемам SATA и IDE .....	48
1.6.1. Назначение адаптера ST-2303 и его основные параметры .....	50
1.6.2. Особенности подключения адаптера ST-2303 .....	53
1.6.3. Практическое использование адаптера ST-2303 при восстановлении винчестеров .....	54
1.7. Использование RAID-контроллеров для восстановления винчестеров SATA и IDE .....	55
1.8. Выбор винчестеров SATA для приобретаемого компьютера .....	56
1.9. Основные рекомендации по восстановлению винчестеров SATA и IDE .....	57

## **Глава 2. Программное, аппаратное и математическое обеспечение**

<b>для восстановления винчестеров .....</b>	<b>59</b>
2.1. Оптимизация программного обеспечения для восстановления винчестеров .....	60
2.2. Оптимизация Windows для восстановления винчестеров .....	63
2.3. Аппаратная среда для восстановления винчестеров .....	64
2.4. Загрузка старых компьютеров с флэшек .....	66
2.5. Операционные системы для восстановления винчестеров .....	70
Операционная система Alkid Live CD&USB .....	71
Операционная система NervOS RC6 Live CD&USB .....	73
2.6. Дополнительный инструментарий и система питания компьютеров .....	74
2.7. Математическое обеспечение для восстановления винчестеров .....	76
2.8. Как забыть о вирусной опасности .....	77

## **Глава 3. Статистика восстановления винчестеров с поврежденными**

<b>секторами .....</b>	<b>78</b>
3.1. Восстановление винчестера IDE объемом 1,5 Гбайт .....	78
3.1.1. Оценка исходного состояния винчестера .....	78
3.1.2. Многошаговое восстановление bad-секторов диска .....	81
Первый цикл восстановления bad-секторов .....	82
Второй цикл восстановления bad-секторов .....	85
Третий цикл восстановления винчестера .....	85
3.1.3. Контрольные испытания винчестера после третьего цикла сканирования .....	86
3.2. Восстановление винчестеров SATA фирмы Western Digital .....	87
3.2.1. Восстановление винчестера с объемом 250 Гбайт .....	88
3.2.2. Восстановление винчестера с объемом 640 Гбайт .....	92
3.2.3. Управление процессом появления дефектных секторов на винчестерах SATA .....	95
3.3. Восстановление винчестера SATA фирмы Seagate объемом 320 Гбайт .....	97
3.4. О восстановлении внешнего винчестера StoreJet 2.5 SATA с интерфейсом USB .....	100
3.5. Время, необходимое для сканирования и восстановления винчестеров SATA .....	103
3.6. Повторные проверки восстановленных винчестеров .....	104
3.6.1. Винчестер IDE с объемом 1,5 Гбайт .....	105
3.6.2. Изменение состояния винчестера с объемом 640 Гбайт .....	111
3.6.3. О восстановлении терабайтного накопителя, созданного подключением через RAID-контроллер двух винчестеров .....	116
3.6.4. Тотальная проверка состояния остальных жестких дисков .....	119
Контроль состояния винчестера фирмы Western Digital с объемом 250 Гбайт .....	120
Контроль состояния винчестера фирмы Seagate с объемом памяти 320 Гбайт .....	121
Контроль состояния винчестера фирмы Western Digital с объемом 320 Гбайт .....	123
Контроль состояния винчестера фирмы Seagate с объемом 160 Гбайт .....	126
Контроль состояния винчестера фирмы Western Digital с объемом памяти 640 Гбайт .....	126
Контроль состояния накопителей на основе винчестеров Western Digital объемом 1 Тбайт и более .....	127

3.7. Восстановление составного терабайтного накопителя по частям .....	132
3.8. Сплошное восстановление поверхности винчестера .....	138
3.9. Обобщение результатов восстановления винчестеров SATA и основные выводы .....	140
3.10. Статистические оценки вероятности покупки винчестеров IDE и SATA с дефектами .....	142
3.11. Статистические оценки вероятности появления и исправления поврежденных секторов на винчестерах SATA .....	144

## **Глава 4. Пример восстановления винчестеров IDE через интерфейс SATA адаптера ST-2303 .....**

4.1. Контрольные проверки схемы тестирования и восстановления .....	146
4.2. Сканирование и восстановление винчестера IDE с помощью ПК с интерфейсом SATA .....	150
4.3. Возможно ли восстановление винчестера IDE, подключенного к контроллеру SATA через адаптер ST-2303? .....	154
4.4. Контрольное тестирование скорости передачи информации в восстанавливаемом винчестере .....	156
4.5. Другие способы практического использования адаптера ST-2303 .....	163
4.6. Восстановление и контроль неисправного винчестера IDE через интерфейс SATA ....	163
4.6.1. Результаты сканирования и восстановления неисправного винчестера на 200 Гбайт .....	164
4.6.2. Контроль исправности файловой системы восстановленного винчестера .....	166
4.6.3. Повторные проверки восстановленного винчестера на отсутствие дефектных секторов .....	167
4.6.4. Контроль технических данных восстановленного винчестера .....	168
4.6.5. Контроль скорости чтения информации на всей поверхности восстановленного винчестера .....	168
4.6.6. Контроль области S.M.A.R.T. восстановленного винчестера .....	170
Выводы по результатам испытаний винчестеров .....	170

## **Глава 5. Восстановление винчестеров IDE и SATA с помощью старого ПК..**

5.1. Четыре причины использования старого ПК при восстановлении винчестеров .....	172
5.2. Основные схемы восстановления винчестеров .....	174
5.2.1. Схема для восстановления винчестеров SATA .....	175
5.2.2. Схема для восстановления винчестеров IDE .....	175
5.2.3. Возможные схемы для восстановления винчестеров IDE и SATA с использованием RAID-контроллеров .....	176
5.3. Отбраковка ненадежных винчестеров для их последующего восстановления .....	177
5.4. Установка программы HDD Regenerator v1.71 на винчестере старого компьютера .....	183
5.5. Восстановление винчестеров на старом ПК в ОС Windows XP .....	186
5.5.1. Восстановление винчестера через RAID-контроллер .....	187
Исходное состояние дисковой подсистемы .....	187
Начальный диалог при выборе дисков для восстановления .....	189
Процесс и результаты первого цикла восстановления винчестера .....	190
Результаты второго цикла восстановления винчестера .....	191
Оценка состояния винчестера после его двукратного восстановления .....	191
5.5.2. Оценки стабильности состояния винчестеров .....	195
5.5.3. Пример восстановления винчестера через контроллер IDE материнской платы старого компьютера .....	201
5.5.4. Время, затрачиваемое на сканирование и восстановление винчестеров SATA в ОС Windows .....	202

5.6. Восстановление винчестеров на старом ПК с помощью оптических дисков и флэшек в операционной системе DOS .....	203
5.6.1. Ограничения при использовании программы HDD Regenerator на оптическом диске и флэшке .....	204
5.6.2. Восстановление винчестеров с помощью программы, записанной на оптическом диске .....	205

## **Глава 6. Восстановление винчестеров с логическими дефектами .....** 206

6.1. Оценка исходного состояния и основные этапы восстановления винчестера .....	207
6.2. Контроль исправности винчестера IDE с объемом 160 Гбайт после его восстановления.....	214
6.2.1. Состояние винчестера до момента аварии .....	214
6.2.2. Контроль файловой системы разделов винчестера .....	214
6.2.3. Проверка восстановленного винчестера на отсутствие дефектных секторов.....	218
6.2.4. Восстановление и проверка винчестера с помощью командной строки в операционной системе Windows XP .....	220
6.3. Результаты проверки состояния восстановленного винчестера IDE на 320 Гбайт.....	223
6.4. Восстановление работоспособности винчестеров путем их очистки и переформатирования .....	225
Выводы о причинах аварий, возможностях и условиях восстановления винчестеров.....	226

## **Глава 7. Состояние и восстановление винчестеров полтора года спустя .....** 228

7.1. Обнаружение и исправление поврежденных секторов на винчестере Western Digital 320 Гбайт .....	228
7.2. Исправление логических ошибок на винчестере объемом 320 Гбайт фирмы Seagate .....	237
7.2.1. Избыточность логической структуры диска .....	237
7.2.2. Использование программы Paragon Hard Disk Manager при поиске и исправлении ошибок на проблемных винчестерах .....	241
7.3. Исправление ошибок неопределенного происхождения на винчестере 250 Гбайт фирмы Western Digital .....	244
7.3.1. Полное стирание информации на винчестере.....	246
7.3.2. Создание разделов на винчестере, их форматирование, тестирование и монтирование.....	246
7.4. Создание образа раздела с помощью приложения Paragon HardDisk Manager v6.0 для восстановления винчестеров .....	252
7.4.1. Процесс формирования образа раздела диска .....	252
7.4.2. Преимущества алгоритма создания образа с помощью программы Paragon Hard Disk Manager .....	254
Подробности создания образов в программе Paragon Hard Disk Manager v6.0 .....	254
Новые возможности для восстановления раздела из образа .....	255
Программы для восстановления винчестеров фирмы Paragon .....	258
7.5. Прогнозирование времени сохранения состояния восстановленных винчестеров.....	260
7.6. Ложная тревога по поводу винчестера объемом 320 Гбайт фирмы Seagate.....	262

## **Приложение. Так ли уж не права программа PartitionMagic v8.0? .....** 264

## **Глоссарий .....** 267

*Посвящается светлой памяти моих дорогих  
Анны Никандровны, Михаила Ивановича,  
Анны Михайловны Останиных  
и Константина Дмитриевича Смирнова,  
без которых эта книга не могла бы состояться*

## Предисловие

В настоящее время в винчестерах SATA используются пластины с перпендикулярной ориентацией магнитных доменов, что позволило увеличить емкость винчестеров. В результате очень быстро отрасль подошла к предельному объему винчестеров 2 Тбайт, максимально допустимому при используемой организации жестких дисков.

**Постановка задачи.** Однако пользователи стали замечать появление на пластинах нечитаемых секторов (так называемых bad-секторов) со случайными адресами, что обнаруживалось лишь через некоторое время после начала эксплуатации накопителя. Из-за этих дефектных секторов невозможно, например, восстановить в разделах диска операционные системы из ранее созданных образов или прочитать файлы из архивов с паролем доступом. Такие недостатки могли проявляться со временем в 50 % винчестеров, что недопустимо. Сервисные центры отвергают рекламации по данному вопросу, а если бы и не отвергали, то положение не изменилось бы к лучшему. Неизвестно, как поведет себя новый жесткий диск.

И вот в этот момент настал час давно известной программы HDD Regenerator, одной из функций которой является как раз восстановление дефектных секторов с сохранением имевшейся ранее информации. Прежде, во времена тотального господства винчестеров IDE с ориентацией доменов параллельно плоскости пластин, указанная программа не была востребована в больших масштабах. Но винчестер является довольно сложным устройством, как в физическом, так и в логическом отношении. Поэтому восстановить "битые" секторы на винчестере SATA не является окончательным решением всех эксплуатационных проблем. Одновременно возникают и другие погрешности, требующие соответствующих решений.

Так появилась задача восстановления винчестеров на домашних компьютерах и ноутбуках силами пользователя. Было необходимо как восстановить, так и проконтролировать исправность всех винчестеров с обнаруженными недостатками.

**Принципы восстановления винчестеров.** Домашний пользователь не может позволить себе разбирать винчестер. Таким способом можно окончательно загубить устройство. Если же с винчестером случилось что-либо в конструктивном плане

(сгорел блок электроники или привод, отвалились головки, винчестер ни за что не определяется в BIOS), то пользователь не будет ориентироваться на дорогостоящий ремонт, связанный со вскрытием гермоблока жесткого диска. Дешевле и надежнее будет купить новый винчестер. Но если винчестер здоров физически, то всегда имеется 100%-я возможность исправить все его дефекты. *Такая задача восстановления накопителя должна решаться программными методами.* При этом состояние жесткого диска не ухудшится. Это означает, что, в крайнем случае, более опытный пользователь сможет по дружбе оживить ваш накопитель.

**Программное обеспечение для восстановления винчестеров.** От программного обеспечения требуется максимум функциональности при минимуме используемых программ. Есть одна особенность программы HDD Regenerator, требующая особого отношения к процессу восстановления. Все дело в том, что способ действия этой программы никогда не публиковался. Ее использовали по принципу "не важно, какого цвета кошка, лишь бы она ловила мышей". Поэтому применимость этой программы в конкретном аппаратном окружении должна быть проверена экспериментально в различных ситуациях и на разных винчестерах. Иначе в конечном успехе всего дела не может быть уверен ни автор книги, ни ее читатели. Таким образом, необходимо тщательное тестирование программы HDD Regenerator, результаты которого представлены в *главах 3–5* книги, а также в табл. 3.3, 7.1 и 7.5. Лишь после такого полного тестирования можно приступить к исправлению прочих дефектов винчестера. Программное обеспечение, необходимое для исправления всех дефектов жестких дисков, рассматривается в *разд. 2.1, 2.2 и 2.5*. Минимально необходимы лишь три программы. Для наглядного отображения результатов тестирования можно выбрать по собственному вкусу еще несколько вспомогательных приложений, которые используются также при тестировании жесткого диска на предмет уточнения характера неисправностей.

**Аппаратная среда для восстановления винчестеров.** Оживлять винчестеры на рабочем компьютере пользователя нецелесообразно по двум причинам:

- такие программы, как HDD Regenerator, а также MHDD, аппаратно-зависимы, т. е. они не обязательно должны работать на компьютере с любой современной материнской платой, но будут работать на компьютере со старой материнской платой;
- на восстановление винчестера требуется много времени, но поскольку большая часть операций выполняется в автоматическом режиме и не требует особого внимания со стороны пользователя, то скучную работу лучше всего поручить помощнику в лице старого компьютера предыдущего поколения.

Использование старого ПК для указанных действий рассмотрено в *разд. 2.3, 2.4, 2.6* и в *главе 5*. Аппаратное обеспечение рассматривается также в *разд. 1.6, 1.7* и в *главе 4*.

**Примеры восстановления винчестеров.** Говорят, что практика — критерий истины. В своей книге автор не ограничивался изложением теоретических сведений по восстановлению винчестеров. Знаний абстрактной теории далеко не достаточно для



успешного исправления дефектов жестких дисков и не хватает даже для того, чтобы автор был уверен, что у пользователя с исправлением дефектов все получится. Необходимы *практические примеры полного цикла восстановления винчестеров* от начала работ и до их завершения. Иначе пользователя не убедить в практической полезности книги. Все примеры для наглядности иллюстрируются скриншотами с экрана монитора. Всего рисунков в книге более двухсот, фотографий — 5. Подделать такое количество рисунков и фотографий невозможно, т. е. пользователь убеждается, что ему демонстрируют реально происходящие процессы. Кроме того, иллюстрации процесса восстановления позволяют пользователю контролировать правильность своих действий. Проиллюстрированные примеры восстановления винчестеров приведены в *главах 3–7*.

### **Влияние питающих напряжений на результаты восстановления винчестеров.**

При экспериментальных исследованиях оказалось, что питающее напряжение +5 В сильно влияет на качество работы винчестера. Эта не очень известная сторона жизни жестких дисков подробно рассмотрена в *разд. 1.3*. В некоторых случаях работа винчестера может полностью зависеть от напряжения +5 В. Этот параметр следует проверять в первую очередь при подозрениях на винчестеры.

### **Распознавание неисправности винчестеров по уровню шумов в акустическом диапазоне.**

При обнаружении скрипящих звуков, щелчков, неожиданно появившихся в каком-либо устройстве, именно его следует протестировать в первую очередь. Но чаще пользователь сталкивается с ситуацией, когда нет явных признаков неисправности жесткого диска. Тогда приходится выдвигать гипотезы и делать предположения, а затем проверять их путем тестирования винчестера с помощью программного обеспечения.

**Использование Интернета.** Получить программное обеспечение можно из Интернета, например с помощью поисковых систем. Большинство программ, указанных в книге, имеется на сайте <http://www.warezebra.com>, на котором существует хорошая система поиска, позволяющая найти последние материалы обновленной версии программы по ее имени. В дальнейшем в целях правомерности использования программ в соответствии с авторским правом следует приобрести лицензии на используемое программное обеспечение. Размещение новейших версий программ можно узнать через поисковые системы, например Яндекс и т. п.

### **ВАЖНОЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

В книге обсуждается использование операционных систем на флэшках Alkid Live CD&USB, а также NervOS RC6, которые содержат множество диагностических программ. Для того чтобы не иметь конфликтов с правоохранительными органами по вопросу нарушения авторских прав владельцев программ, издательство и автор книги настоятельно рекомендуют пользователям приобрести лицензии на все программы, входящие в состав указанных ОС, а также на ОС Windows XP с пакетом обновлений SP1 или более старшей версии. Данная рекомендация (*см. вводную часть разд. 2.5*) соответствует указаниям автора ОС BartPE Барта Лагервея (Bart Lagerweij), на основе разработок которого были созданы все существующие ОС на CD, DVD и флэшках.

Особую специфику имеет поиск антивирусных средств (*см. разд. 2.8*), которые необходимы в том числе и для защиты винчестеров от вредоносных программ.

**Статистика восстановления винчестеров.** Процесс восстановления жестких дисков изобилует неожиданностями и разного рода случайными событиями. Поэтому для оценки результатов будет правильным прибегать к статистическим оценкам. Необходимый статистический материал получен в *разд. 3.1–3.8*, а некоторые статистические оценки результатов восстановления винчестеров приведены в табл. 3.3 и *разд. 3.10* и *3.11*.

**Глоссарий.** Это справочный раздел книги, в котором приведены разъяснения используемых аббревиатур и компьютерных терминов.

**Как следует читать эту книгу.** Читать книгу подряд — не всегда лучший способ быстрого освоения новых методов работы с винчестерами, поскольку книга ориентирована на начинающих пользователей. Более подготовленные читатели могут для быстрого получения конечных результатов читать книгу выборочно, ориентируясь на собственную актуальную в данный момент задачу. Тем, кто хочет более подробно узнать об особенностях эксплуатации винчестеров, следует ознакомиться прежде всего с *главой 1*. Кратким путеводителем по необходимому программному, аппаратному и тестовым видам обеспечения является *глава 2*. Многочисленные примеры исправления разнообразных дефектов винчестеров можно найти в *главах 3–7*.

**Благодарности.** Автор признателен Герасименко В. И., Красовскому В. О., Мильману Б. М., Рыбакову Е. Е., Суходольскому В. Ю. за дружескую помощь и внимание к работе.

Особая благодарность родным за их терпение, проявленное во время моей работы над книгой.

И, конечно же, я благодарю всех, кто купил книгу и воспользовался моими советами.

Также буду признателен всем, кто оставит свои пожелания и предложения по адресу издательства в Интернете <http://www.bhv.ru/> на странице данной книги, которую можно найти на сайте с помощью поиска по фамилии автора.

# ГЛАВА 1



## Винчестеры SATA, IDE, USB и их эксплуатационные проблемы

В настоящее время стало нецелесообразным приобретать винчестеры с интерфейсом IDE для компьютеров с новыми материнскими платами, хотя в последних и имеется небольшое количество разъемов с таким интерфейсом (обычно всего один разъем IDE, используемый для подключения двух оптических накопителей). Количество разъемов для подключения устройств с интерфейсом SATA на современных материнских платах гораздо больше — четыре и даже шесть, в крайнем случае не менее двух разъемов. Тем самым производители ориентируют нас на приобретение винчестеров SATA. Оправданно ли это технически, и нет ли здесь каких-либо неожиданных препятствий? Что делать с теми винчестерами IDE, которые уже имеются у пользователей?

### 1.1. Почему мы выбираем винчестеры SATA

Разработка интерфейса Serial ATA (последовательный интерфейс ATA) началась в 2000 году. До этого времени уже в течение 10 лет использовался параллельный интерфейс ATA (IDE). Такое решение было вынужденным по следующим основным причинам:

- передача данных, выполняемая по плоскому кабелю со скоростью более 100 Мбайт/с, породила множество проблем, связанных с синхронизацией сигнала, электромагнитным излучением по сути открытых проводников, а также неизбежными наводками помех;
- возникали нарушения контактов в среднем раземе плоского кабеля IDE, что вызывало отказы в обслуживании подключенного винчестера и необходимость частой замены всего кабеля или его дорогостоящего ремонта.

В сигнальном кабеле SATA количество проводников уменьшено в несколько раз. Кроме того, при качественном изготовлении кабеля проводники могут быть жестко запрессованы в оконечные части разъемов, что повышает механическую прочность и надежность такой конструкции.

В сигнальном кабеле SATA имеется три линии (проводника), подключенные к земле (общему контакту всех выходов питания), а также противофазные сигналы пере-

дачи и приема информации. Дифференциальная (противофазная) передача уменьшает как паразитное излучение помех, так и действие разного рода наводок, которые возникают из-за высокой тактовой частоты передачи данных, обрабатываемых в ПК. Это повышает электромагнитную защищенность как винчестеров, так и многочисленных адаптеров, входящих в состав ПК. В табл. 1.1 приведено распределение сигналов в сигнальном кабеле винчестеров SATA. В табл. 1.2 указаны основные характеристики стандартов SATA, как действующих, так и перспективных. Действующими являются два первых стандарта, перспективным остается стандарт SATA-600. Из табл. 1.2 следует, что тактовые частоты сигналов SATA лежат в области СВЧ (сверхвысоких частот), что предъявляет повышенные требования к быстродействию контроллеров винчестеров, находящихся на материнской плате.

**Таблица 1.1.** Выводы сигнального разъема данных у винчестеров SATA

Контакт	Обозначение сигнала	Описание сигнала
S1	Общий	Первая пара
S2	A+	Host Transmit + (Передаваемый сигнал положительной полярности)
S3	A-	Host Transmit – (Передаваемый сигнал отрицательной полярности)
S4	Общий	Первая пара
S5	B-	Host Receive – (Принимаемый сигнал отрицательной полярности)
S6	B+	Host Receive + (Принимаемый сигнал положительной полярности)
S7	Общий	Первая пара

**Таблица 1.2.** Спецификации стандартов SATA

Тип интерфейса Serial ATA	Ширина шины, бит	Частота шины, МГц	Число циклов данных за такт	Пропускная способность интерфейса SATA, Мбайт/с
SATA-150	1	1500	1	150
SATA-300	1	3000	1	300
SATA-600	1	6000	1	600

Приведенная в табл. 1.2 частота шины соответствует максимальной скорости передачи данных при чтении из кэша (буфера) накопителя. Пропускная способность всего тракта обработки сигнала от процессора до памяти в реальном ПК может и не достигать даже значений стандарта SATA-150 (150 Мбайт/с), что зависит от быстродействия узлов материнской платы. Поэтому если покупаются винчестеры с быстродействием более высокого уровня, то в дальнейшем под них может быть приобретена соответствующая материнская плата и процессор с более высокими скоростями обработки информации.

## 1.2. Параметры и характеристики современных винчестеров SATA

Для выбора винчестеров SATA в отличие от винчестеров IDE недостаточно учитывать лишь параметры, рассмотренные в *разд. 1.1*, а также значения дисковых объемов. Это объясняется тем, что, несмотря на сходные технические условия, параметры винчестеров SATA одного и того же типа с одной и той же емкостью могут иметь существенные отличия, зависящие от изготовителя, поскольку стандартные технические условия могут не выдерживаться в условиях конкретного производства. Поэтому при покупке винчестеров не будет лишним знать результаты испытаний жестких дисков в конкретных условиях персонального компьютера, особенно с учетом используемого блока питания и материнской платы. В табл. 1.3 приведены регистрационные данные для девяти винчестеров, подвергавшихся подробным испытаниям при подготовке материалов книги. Несмотря на сравнительно небольшой объем выборки, по результатам испытаний могут быть сделаны весьма полезные выводы, которые имеют практическое значение и оказываются необходимыми для оценки других жестких дисков SATA.

Таким образом, стоимость девяти винчестеров, перечисленных в табл. 1.3, составила ни много ни мало около 20 000 руб. Винчестеры, приведенные в табл. 1.3, были подвергнуты испытаниям, по результатам которых получены, в частности, основные выводы относительно требований к системе питания жестких дисков SATA.

Все винчестеры, перечисленные в табл. 1.3, используют пластины с перпендикулярным направлением намагниченности, что позволяет сократить объем дискового пакета и уменьшить мощность, потребляемую винчестером.

При обсуждении сравнительных характеристик винчестеров SATA в первую очередь встает вопрос о выборе моделей и перечне сравниваемых показателей. При этом необходимо, прежде всего, обратить внимание на те параметры, которые являются *практически важными* для пользователей, например такие характеристики, как тепловыделение, климатические условия, допустимый температурный режим, безопасный уровень вибраций, требования к питающим напряжениям, реальные значения пропускной способности, достижимые в ПК.

При выборе конкретных моделей винчестеров целесообразно ориентироваться на мировых лидеров, занимающих ведущее положение в отрасли, и наиболее популярных среди пользователей. К числу таких проверенных производителей относятся, например, фирмы Seagate, Western Digital, а также Fujitsu.

### 1.2.1. Эксплуатационные характеристики, климатические условия, допустимые вибрации

Типичные значения эксплуатационных параметров современных винчестеров SATA приведены в табл. 1.4 на примере накопителя ST3160815AS фирмы Seagate.

**Таблица 1.3.** Регистрационные данные и основные параметры испытывавшихся винчестеров SATA

Тип винчестера	Серийный номер	Версия	Интерфейс / Емкость (1 000), Гбайт	Скорость вращения шпинделя, RPM	Дата приоб- ретения, цена, руб.
ST3160815AS	6RA49G6E	3.AAD	SATA-300 / 160	7 200	05.02.08, 1 849
WDC WD2500AAJS- 98B4A0	WD-WCAT13833814	01.03A01	SATA-150 / 250	7 200	07.02.09, 1 767
WDC WD3200AAJS- 00L7A0	WD-WMAV26400488 (серия WD Caviar® Blue™)	01.03E01	SATA-300 / 320	7 200	15.07.09, 1 512
ST3320820AS	9QF83WPK	3.AAD	SATA-300 (150) / 320	7 200	22.05.09, 1 700
WDC WD6400AACS- 00M3B0	WD-WCAV50264824	01.00A01	SATA-300 / 640	Intelli Power <sup>1)</sup> (≈5 400)	17.04.09, 2 254
WDC WD6400AACS- 00G8B1	WD-WCAUF2791491	05.04C05	SATA-300 / 640	Intelli Power <sup>1)</sup> (≈5 400)	03.08.09, 2 068
WDC WD6400AACS- 00M3B0	WD-WCAV50253719	01.00A01	SATA-300 / 640	Intelli Power <sup>1)</sup> (≈5 400)	18.08.09, 2 144
WDC WD10EADS- 00M2B0	WD-WCAV51697317	01.00A01	SATA-300 / 1 000	Intelli Power <sup>1)</sup> (≈5400)	07.02.10, 3 199
StoreJet 2.5 SATA фирмы Transcend с интерфейсом USB на основе винчестера Fujitsu MHZ2250BH G1 <sup>2)</sup>	K609T8725TRE, размер внутреннего буфера (кэша) на- копителя — 8 Мбайт	00000009	SATA-300 / 250	5 400	15.12.08, 2 700

<sup>1)</sup> IntelliPower — одна из новых технологий, используемых в серии винчестеров WD Caviar Green фирмы Western Digital. Благодаря этой технологии в представленных винчестерах емкостью 640 и 1 000 Гбайт обеспечивается значительная экономия электроэнергии, а также меньший потребляемый ток во время раскрутки дисков, что снижает пиковые нагрузки на блок питания при загрузке системы. Это позволяет создавать более надежные и бесшумные настольные ПК и внешние накопители, не требующие вентиляторов для охлаждения. Другие из технологий, используемых в серии WD Caviar® Green™, называются IntelliPark (Оптимизация парковки) и IntelliSeek (Оптимизация поиска) и приводят к уменьшению потребляемой мощности в совокупности на 40 % (или на 4–5 Вт) по сравнению с обычными накопителями для настольных ПК. Благодаря этим технологиям обеспечивается оптимизация скорости вращения шпинделя, скорости передачи данных и алгоритмов кэширования с целью уменьшения энергопотребления, вибраций, акустических шумов и получения приемлемой производительности. Достигнутая экономия энергопотребления эквивалентна уменьшению выбросов CO<sub>2</sub> на 13,8 кг в год на один винчестер.

<sup>2)</sup> С 1 октября 2009 г. корпорация Fujitsu передала права на производство винчестеров корпорации Toshiba в США (см. адреса в Интернете <http://sdd.toshiba.com/>, а также [http://sdd.toshiba.com/main.aspx?path=storage\\_solutions/pcnotebookharddrives/mhz2xxxbhseries/mhz2xxxbhseries specifications](http://sdd.toshiba.com/main.aspx?path=storage_solutions/pcnotebookharddrives/mhz2xxxbhseries/mhz2xxxbhseries specifications)). Хотя винчестеры и будут реализовываться фирмой Toshiba, за ними будет сохранено оригинальное имя. Часть винчестеров этой линейки испытывается фирмой Toshiba по стандартам армии США.

Таблица 1.4. Характеристики винчестеров ST3160815AS с интерфейсом SATA-300

Наименование параметров	Значения параметров
Емкость после форматирования диска (для секторов по 512 байт)	160 Гбайт
Гарантированное количество секторов на диске	312 581 808
Количество пластин	1
Физическое количество головок	2
Количество логических секторов на дорожку (после трансляции параметров)	63
Количество логических головок чтения/записи (после трансляции параметров)	16
Количество цилиндров	16 383
Средняя плотность записи информации	732 Кбит на дюйм
Средняя плотность дорожек на поверхности пластины	137 259 дорожек на квадратный дюйм
Средняя плотность записи информации	101 Гбайт на квадратный дюйм
Максимальная внутренняя скорость передачи данных	1 030 Мбит/с
Максимальная скорость ввода/вывода данных	300 Мбайт/с
Поддерживаемые режимы передачи данных, эквивалентные ATA (IDE)	Режимы PIO — 0–4 Режимы блочной передачи Multiword DMA — 0–2 Режимы Ultra DMA — 0–6
Емкость буфера кэш	8 Мбайт
Среднее значение задержки реакции устройства	4,16 мс
Время перехода с дорожки на соседнюю дорожку	Меньше 0,8 и 1,0 мс соответственно при чтении и записи
Среднее время поиска при чтении/записи	Меньше 11–12 мс
Максимальный ток по цепи питания 12 В при запуске	Меньше 2 А
Максимальное время готовности после запуска	7,9 с
Максимальное время перехода в режим ожидания	7,9 с
Допустимый диапазон напряжений питания (с учетом пульсаций и шумов в диапазоне до 10 МГц)	5 В ± 5 % 12 В ± 10 %
Окружающая температура	0–60 °С (при работе) –40–75 °С (в нерабочем состоянии)
Максимальный температурный градиент при работе	20 °/час (при работе) 30 °/час (нерабочее состояние)
Относительная влажность (при отсутствии конденсации)	5–90 % (при работе) 95 % и более (нерабочее состояние)

Таблица 1.4 (окончание)

Наименование параметров	Значения параметров
Градиент относительной влажности	30 %/час
Высота над уровнем моря при работе	От –60,96 до 3 048 м
Максимальная высота над уровнем моря в нерабочем состоянии	От –60,96 до 12 192 м
Максимальные ударные перегрузки в рабочем состоянии (в виде импульсов полусинусоидальной формы — half-sine shock pulses)	63 г, импульс длительностью 2 мс (удары не должны повторяться более двух раз в секунду)
Максимальные ударные перегрузки в нерабочем состоянии	350 г, импульс длительностью 2 мс
Вибрации в рабочем состоянии	0,25 г в диапазоне 5–22 Гц (при ограничении смещений), 0,5 г в диапазоне 22–350 Гц, 0,25 г в диапазоне 350–500 Гц
Вибрации в нерабочем состоянии	0,25 г в диапазоне 5–22 Гц (при ограничении смещений), 5,0 г в диапазоне 22–350 Гц, 1,0 г в диапазоне 350–500 Гц
Акустические шумы	28–30 дБ при простое, 30–32 дБ при поиске
Невосстановимые ошибки чтения	1 на $10^{14}$ бит
Отказы, приведенные к годовому исчислению	0,34 % в год
Количество циклов включения-выключения двигателя винчестера за 5-летний гарантийный срок работы	50 000 за 5 лет при номинальных питающих напряжениях, 25 °С окружающей температуры и 50%-м уровне относительной влажности, но не более 60 циклов в час с 50%-й скважностью
Время работы во включенном состоянии, при котором гарантируются параметры ошибок и отказов	До 2 400 часов в год
Масса винчестера	380 г (от 750 до 365 г для винчестеров емкостью от 750 до 40 Гбайт)
Высота корпуса винчестера	19,99 мм (до 26,1 мм для моделей с 2, 3 и 4 пластинами в пакете)
Средняя потребляемая мощность	13 Вт (40 % операции чтения/записи, 40 % — поиск, 20 % — отсутствие операций), 0,8 Вт — режим ожидания и дежурный режим работы
Возможность горячего подключения	Предусмотрена

Многие из параметров, приведенных в табл. 1.4, типичны для винчестеров с пластинами, использующими перпендикулярную ориентацию магнитных доменов. Такого рода ориентация используется во всех современных винчестерах SATA и позволяет уменьшить количество дисков (пластин) в пакете, а также тепловыделение



и уровень акустических шумов. Отличия параметров могут зависеть от объема памяти винчестера и относятся в первую очередь к потребляемым мощностям питающих напряжений. Наблюдается закономерность — чем больше информационный объем винчестера, тем больше и потребляемая мощность, что обусловлено большими затратами энергии на раскручивание увеличивающегося в объеме дискового пакета. Однако потребляемая мощность может быть уменьшена с помощью специальных технологий, применяемых, например, в винчестерах фирмы Western Digital (в так называемой Green-серии изделий — см. табл. 1.3), что имеет существенное значение для жестких дисков терабайтного диапазона емкостей.

Параметры винчестеров, приведенные в табл. 1.4, получены на основании испытаний по международным стандартам. Необходимо отметить, что часть данных, приведенных в табл. 1.4, имеет информационное значение, а остальная часть характеризует условия эксплуатации жестких дисков, которые должен обеспечить пользователь. Эксплуатационная группа параметров содержит, например, питающие напряжения, ударные нагрузки, допустимый уровень вибраций, количество часов работы во включенном состоянии, количество включений/выключений мотора винчестера за определенный промежуток времени, климатические условия (влажность, температура, градиенты влажности и температуры, высота установки винчестера над уровнем моря). *Ряд этих параметров сервисный центр может проконтролировать по данным области S.M.A.R.T. жесткого диска и в случае их выхода за допустимые пределы может снять устройство с гарантийного обслуживания (за нарушение условий эксплуатации).*

Из табл. 1.4 видно, что нарушения следующих параметров снижает надежность и долговечность винчестера и может дать сервисным службам формальный повод для снятия устройства с гарантийного обслуживания:

- превышение времени работы винчестера во включенном состоянии сверх 2 400 часов в год, что фиксируется параметром 09h области S.M.A.R.T. жесткого диска; указанное время соответствует 6,5 часам в сутки и свидетельствует о недопустимости круглосуточной эксплуатации данного устройства в серверных станциях;
- количество циклов включений-выключений двигателя — не более 50 000 за пятилетний гарантийный срок, что фиксируется параметрами 04h и 0Ch области S.M.A.R.T. винчестера; указанное количество включений-выключений соответствует в среднем не более 27 раз в сутки;
- максимальное количество включений-выключений двигателя в час, выход за допустимый диапазон температур 0–60 °С окружающей среды, напряжений питания, градиентов температуры и влажности, высоты над уровнем моря, ударных перегрузок и вибраций, что не фиксируется в области S.M.A.R.T.

С учетом отмеченных обстоятельств пользователь не должен нарушать условия эксплуатации, определяемые первыми двумя из указанных характеристик хотя бы в гарантийный период. Что касается остальных критичных параметров, то необходимо обеспечивать их соблюдение на протяжении всего периода эксплуатации винчестера.

Обратим внимание читателей на то, что в табл. 1.4 указано допустимое количество циклов включения-выключения винчестера не более 60 в час. Это означает, что перед повторным включением компьютера необходимо обеспечить промежутков времени *не менее 30 с*.

#### **ЗАМЕЧАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ВИБРАЦИЙ ВИНЧЕСТЕРОВ SATA И IDE**

Вибрации винчестеров обусловлены в основном воздействием вентиляторов охлаждения. Опасность вибраций обусловлена возможностью перехода головок записи-считывания на соседние дорожки. Влияние вибраций в винчестерах SATA возрастает из-за увеличения плотности дорожек, обусловленной перпендикулярной записью. Это влияние проявляется в меньшей степени в винчестерах IDE, использующих продольное расположение магнитных доменов. Наиболее оптимальным способом охлаждения винчестеров является использование фронтального вентилятора, поток воздуха которого направлен вдоль корпуса накопителя. При такой конструкции вибрации вентилятора не передаются на винчестер.

Помимо приведенных механических и климатических характеристик безотказная работа винчестеров зависит в не меньшей степени и от параметров питающих напряжений.

### **1.2.2. Потребляемые напряжения и токи, тепловыделение и охлаждение винчестеров**

В табл. 1.5 приведены стандартные номинальные значения питающих напряжений, поступающих на силовой разъем винчестеров SATA.

**Таблица 1.5.** Стандартные питающие напряжения для винчестеров SATA

Обозначения контактов разъема питающих напряжений	Обозначения напряжений	Величины напряжений
P1	$V_{33}$	+3,3 В
P2	$V_{33}$	+3,3 В
P3	$V_{33}$	+3,3 В
P4	Ground	Общий
P5	Ground	Общий
P6	Ground	Общий
P7	$V_5$	+5 В
P8	$V_5$	+5 В
P9	$V_5$	+5 В
P10	Ground	Общий
P11	Ground or LED signal	В случае заземления контакта привод не использует задержку при раскрутке шпинделя
P12	Ground	Общий
P13	$V_{12}$	+12 В
P14	$V_{12}$	+12 В
P15	$V_{12}$	+12 В

Как следует из табл. 1.5, для питания винчестеров SATA могут использоваться напряжения +3,3 В, +5 В и +12 В. Питание по шине 3,3 В не подводится к винчестерам IDE. На самом деле, напряжение питания +3,3 В необходимо не для всех винчестеров SATA. Из жестких дисков, перечисленных в табл. 1.3, напряжение +3,3 В потребляет лишь винчестер ST3160815AS. Для остальных устройств достаточно лишь напряжений +5 В и +12 В, как и для винчестеров IDE. Последнее обстоятельство привело к раздаче напряжений питания на диски SATA от четырехконтактных разъемов Molex, используемых для подачи питающих напряжений на винчестеры IDE. Переходное устройство, представленное на рис. 1.1, позволяет подавать напряжения питания +5 В и +12 В на винчестеры SATA от разъемов Molex. В левой части рис. 1.1 изображены два разъема для запитывания двух винчестеров SATA от одного разъема Molex, показанного в правой части указанного рисунка. Кроме устройства, представленного на рис. 1.1, существуют устройства с одним разъемом для подключения питания к винчестеру SATA. Однако выгоднее использовать переходники на два разъема SATA, что позволяет уменьшить в два раза количество разветвителей с разъемами Molex в системе питания ПК.

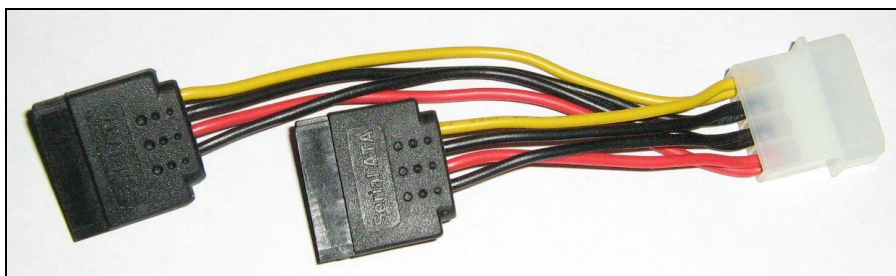


Рис. 1.1. Разветвитель питания для двух винчестеров SATA, не обеспечивающий подачу напряжения +3,3 В (в Интернете это устройство именуется как разъем Molex-SATA)

Дублирование контактов для подачи напряжений питания на винчестеры SATA (см. табл. 1.3) позволяет улучшить качество системы питания:

- уменьшить токовую нагрузку на контакты;
- уменьшить общее переходное сопротивление в параллельных цепях контактов разъема питания винчестеров SATA;
- повысить надежность электроснабжения винчестеров SATA.

Необходимо также учитывать ненадежность контактов в разъемах Molex, для которых характерны следующие недостатки:

- отсутствие дублирования цепей питания +5 В и +12 В;
- отсутствие специального гальванического покрытия металлических элементов разъема, что повышает переходное сопротивление и понижает надежность контактирования силовых цепей в разъеме;
- отсутствие пружинящих свойств контактов в разъеме, поскольку тело контактов изготавливается из тонкой мягкой стали, не сохраняющей заданную форму при многократных переключениях.

Вследствие указанных недостатков возникают падения напряжений в межконтактных переходах разъемов Molex, которые затрудняют обеспечение достаточных уровней питающих напряжений для винчестеров SATA, а также вызывают появление дополнительных пульсаций и электрических шумов, что также негативно сказывается на работе винчестеров SATA.

С помощью табл. 1.6 сравним потребляемые мощности и тепловыделение винчестеров SATA.

**Таблица 1.6.** Параметры энергопотребления и тепловыделения винчестеров SATA

Параметры энергопотребления	Режим работы винчестеров	Типы винчестеров	
		WD2500AAJS, WD3200AAJS	WD6400AACS
Потребляемый ток +12 В, мА	Чтение-запись	395	—
	На холостом ходу	380	—
	В режиме ожидания	6	—
	В режиме сна	6	—
Потребляемый ток +5 В, мА	Чтение-запись	660	—
	На холостом ходу	532	—
	В режиме ожидания	180	—
	В режиме сна	180	—
Тепловыделение, Вт	Чтение-запись	7,8	5,4
	На холостом ходу	7,2	2,5
	В режиме ожидания	0,97	0,46
	В режиме сна	0,97	0,46

На основании данных табл. 1.6 можно сравнить тепловыделение различных винчестеров. Фирмы по разным методикам оценивают среднюю потребляемую мощность, которая соответствует тепловыделению. В табл. 1.4 фирма Seagate приводит значение потребляемой мощности на уровне 13 Вт для винчестера ST3160815AS с объемом 160 Гбайт. Это довольно существенное значение мощности. Фирма Western Digital сообщает, что винчестеры WD6400AACS серии WD Caviar® Green™ потребляют в среднем на 4–5 Вт меньше, чем обычные накопители настольных компьютеров. Это позволяет создавать системы, обладающие большой емкостью и разумным соотношением быстродействия, надежности и пониженного энергопотребления. При использовании этих накопителей достигается экономия электроэнергии, эквивалентная сокращению объемов выброса углекислого газа CO<sub>2</sub> на 13,8 кг на один накопитель в год, что равносильно отказу от пользования автомобилем в течение трех дней ежегодно. А теперь представим экономию, получаемую в вычислительном центре от использования хотя бы 1 000 винчестеров!

Для пользователя применение винчестеров WD6400AACS означает отказ от использования внешнего охлаждения с помощью вентилятора и соответствующее уменьшение уровня шумов компьютера.

Эти достижения фирмы Western Digital обусловлены использованием ряда новых технологий, из которых наиболее существенными являются следующие решения:

- ❑ IntelliPower — для обеспечения оптимального соотношения скорости вращения, скорости передачи и алгоритмов кэширования с целью экономии электроэнергии, улучшения эксплуатационных характеристик, а также уменьшения потребляемого тока в период раскрутки дисков;
- ❑ IntelliSeek — для обеспечения оптимального времени поиска с целью уменьшения энергопотребления, шума и вибрации;
- ❑ IntelliPark — для автоматической парковки головок на холостом ходу накопителя с целью уменьшения аэродинамического сопротивления и энергопотребления;
- ❑ NoTouch — технология парковки головок, при которой последние ни при каких обстоятельствах не соприкасаются с поверхностью дисков, что способствует значительному уменьшению износа головок и дисков, а также более надежной защите накопителей при их перевозке;
- ❑ в моделях емкостью 750 Гбайт и 1 Тбайт используется дополнительно технология StableTrac, в которой предусматривается закрепление вала электродвигателя с обоих концов, что позволяет уменьшить влияние внешних вибраций, стабилизировать вращение пластин, обеспечить более точное позиционирование блока головок во время чтения и записи данных.

Использование рассмотренных технологий не позволяет привести в табл. 1.6 какие-либо определенные значения для потребляемых токов в случае винчестеров типа WDC WD6400AACs и WDC WD10EADS-00M2B0, которые постоянно работают в режиме оптимизации.

В табл. 1.3 указано приблизительное значение измеренной скорости вращения шпинделя двигателя 5 400 оборотов в минуту, приводимое в различных источниках независимыми исследователями. Это также подтверждает данные об экономии электроэнергии в винчестерах фирмы Western Digital на платформе WD Caviar® Green™. Для ряда других жестких дисков в табл. 1.3 приведено значение 7 200 оборотов в минуту. Из практики известно, что увеличение скорости вращения пластин на 33 % с 5 400 до 7 200 оборотов в минуту всегда сопровождалось значительным увеличением потребляемой мощности и нагрева винчестера. Повышение скорости потребовалось для увеличения быстродействия винчестеров, однако при этом возникает необходимость во внешнем охлаждении и много других проблем, связанных с надежностью работы устройства. Обеспечение стандарта пропускной способности на уровне SATA-300 при одновременном понижении скорости вращения дисков в платформе WD Caviar Green без сомнения следует расценивать как важное достижение, которым следует воспользоваться.

Возможность применения скорости вращения 5 400 оборотов в минуту при пропускной способности на уровне SATA-300 подтверждают также параметры винчестера Fujitsu MHZ2250BH G1, приведенные все в той же табл. 1.3: скорость вращения шпинделя 5 400 оборотов в минуту, интерфейс SATA-300. Уменьшение скорости

вращения шпинделя само по себе является хорошим способом понижения нежелательного нагрева накопителя.

Таким образом, в результате работ фирмы Western Digital пользователи получают в свое распоряжение надежные накопители типоразмера 3,5 дюйма, предназначенные для всех используемых объемов памяти и не требующие дополнительного охлаждения. *Необходимо сделать только одну оговорку: указанные достоинства реализуются при соответствующем качестве напряжений питания накопителей (см. разд. 1.3).*

### 1.2.3. Уровни сигналов в интерфейсе SATA и скорости обмена данными

Информационные сигналы, используемые в винчестерах SATA, были перечислены в табл. 1.1.

#### Интерфейсные сигналы и сигнальные кабели

Для передачи и приема информации в накопителях SATA используются дифференциальные пары сигналов разной полярности A+, A-, B+, B-, амплитуда каждого из которых составляет 0,25 В. Малая амплитуда сигналов в тракте накопителя в сочетании с их дифференциальным способом передачи обеспечивает пренебрежимо малые наводки как на другие цепи ПК, так и на сигнальные входы винчестеров SATA. Передача осуществляется последовательным корректирующим кодом с системой кодирования 8В–10В, т. е. 8 бит превращаются на выходе в 10 бит, что обеспечивает коррекцию ошибок и не допускает образование более четырех нулей и единиц подряд. Последнее свойство необходимо для ограничения вариаций постоянной составляющей сигнала.

Как следует из табл. 1.1, не предусмотрено дублирование ламелей для сигнальных цепей в разъемах интерфейса SATA (в отличие от силового разъема питания, распределение напряжений в котором было приведено в табл. 1.5). Это отсутствие дублирования ухудшает надежность передачи сигналов с помощью существующих интерфейсных кабелей. Ранее в сигнальных кабелях дублирование также не использовалось, но была предусмотрена пружинная фиксация ответной части кабеля в разъемах на материнской плате и на винчестере. Однако продаваемые в настоящее время сигнальные кабели SATA изготавливаются в упрощенном виде. Такой кабель удерживается в разъеме винчестера лишь благодаря силам трения, что требует от пользователя постоянного контроля таких соединений: не отошел ли и не перекошен ли разъем кабеля. В другой конструкции фиксатор, сформированный по способу выемка-выступ в мягкой пластмассе, также мало помогает делу, поскольку со временем он теряет форму. Изготовление второго фиксатора не было предусмотрено. Поэтому кабельная часть сигнального разъема имеет возможность перекашивания и выпадения из гнезда при эксплуатации.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Давно бы пора перейти к разъему, используемому для винчестеров SATA в ноутбуках, где в одном разъеме объединены сигнальные и силовые цепи. Такой разъем более надежен с точки зрения сохранения целостности соединений. Тем более что этот разъем вполне

подходит и к винчестерам типоразмера 3,5 дюйма. Отличительной чертой таких комбинированных разъемов является наличие шипов на обеих его сторонах, что в большей степени способствует фиксации разъема в ответной части, находящейся в теле винчестера. Будем надеяться, что когда-нибудь такая конструкция будет использована и в винчестерах с типоразмерами 3,5 дюйма. А пока приходится использовать ненадежные сигнальные и силовые разъемы в накопителях SATA.

## Реальная пропускная способность интерфейса SATA

Многие пользователи полагают, что скорость ввода/вывода данных для винчестеров с интерфейсом SATA-150 будет равна 150 Мбайт/с и соответственно 300 Мбайт/с для SATA-300. На самом деле эти цифры являются максимально возможными значениями, для реализации которых требуются дополнительные условия, например материнская плата с контроллерами, обладающими соответствующим быстродействием. Реальные значения скоростей передачи можно оценить, например, с помощью программы Артема Рубцова HDDScan.

В табл. 1.3 были указаны имеющиеся винчестеры SATA с интерфейсом SATA-300 (например, накопитель ST3160815AS) и всего один жесткий диск с интерфейсом SATA-150 — WD2500AAJS-98B4A0 с емкостями 160 и 250 Гбайт соответственно. Протестируем указанные винчестеры с помощью программы HDDScan.

На рис. 1.2 и 1.3 представлены результаты тестирования винчестера на 160 Гбайт в режимах Verify и Read программы HDDScan v2.8, которая отличается от других версий простым и наглядным пользовательским интерфейсом.

В данном случае графики на рис. 1.2 и 1.3 получились практически одинаковыми в режимах Verify и Read, хотя в общем случае это совпадение не является обязательным. Например, для винчестера SATA/USB типа Fujitsu MHZ2250BH G1 такого совпадения не будет наблюдаться (см. *разд. 1.5.4*, рис. 1.9 и 1.10). Совпадение графиков получается в накопителях для настольных ПК. Такие нюансы поведения накопителей зависят от особенностей их физической реализации и программного обеспечения.

В режиме Verify (Тестирование) данные считываются во внутренний кэш (буфер) накопителя, проверяется их целостность, передача данных через интерфейс в буфер программы не производится. Программа определяет время готовности накопителя после обработки каждого блока информации и выводит результаты.

При тестировании в режиме Read (Чтение) данные также считываются сначала во внутренний кэш накопителя, после чего информация передается через интерфейс и сохраняется во временном буфере программы. Программа определяет суммарное время готовности накопителя до момента завершения передачи данных после каждого блока и выводит результаты.

В данной версии программы для размера блока (Block Size) установлено значение 256 секторов по 512 байт в каждом из них, что отображено на рис. 1.2 и 1.3. В данном случае размер блока составляет 131,072 Кбайт в десятичном исчислении или 128 Кбайт в шестнадцатеричном выражении.

Программа на графиках рис. 1.2 и 1.3 отображает скорость передачи информации в единицах Кбайт/с по оси ординат и номера просматриваемых секторов (LBA) по

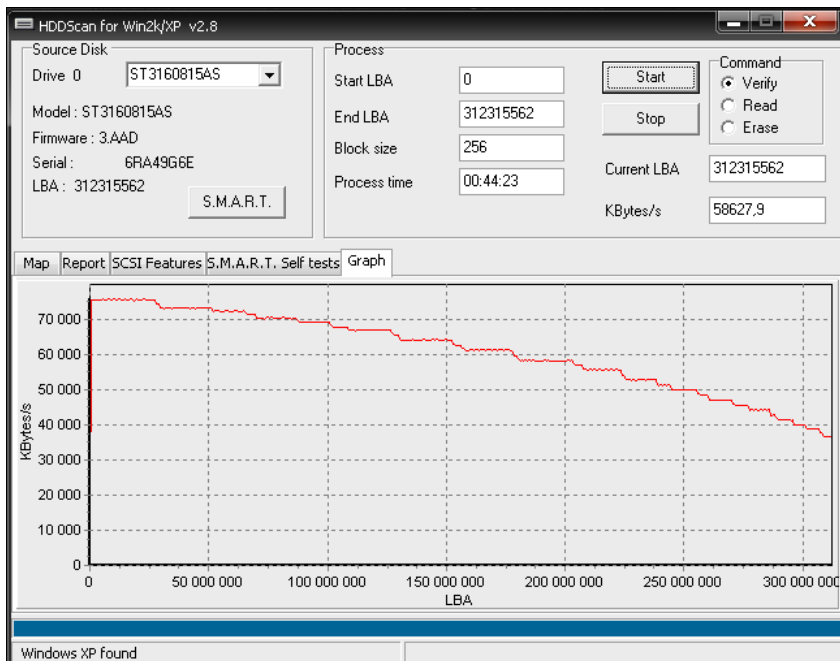


Рис. 1.2. Результаты тестирования винчестера ST3160815AS с интерфейсом SATA-300 в режиме Verify

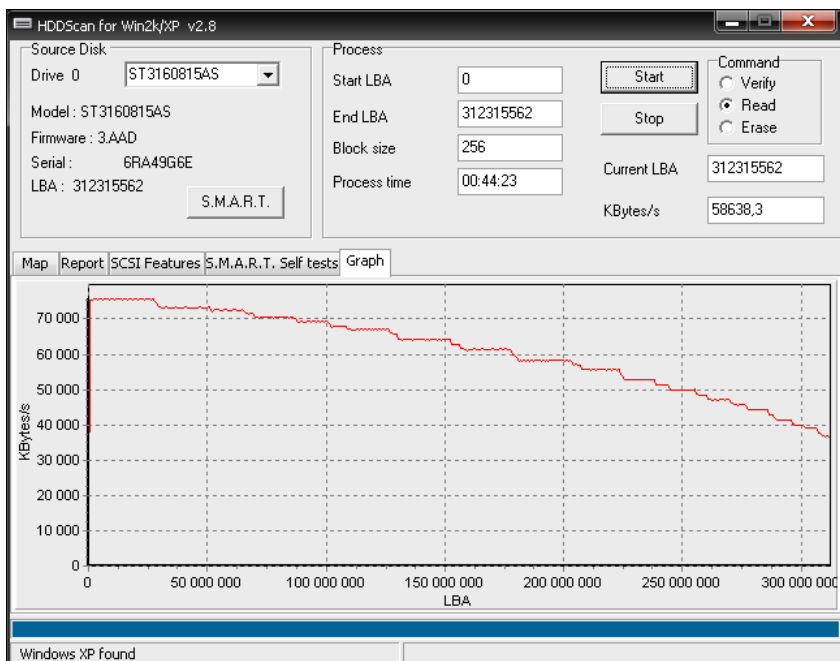


Рис. 1.3. Результаты тестирования винчестера ST3160815AS с интерфейсом SATA-300 в режиме Read



оси абсцисс. Тип тестируемого винчестера указывается в соответствующем поле окна программы.

Из графиков на рис. 1.2 и 1.3 следует, что скорость передачи информации через интерфейс накопителя уменьшается почти в 2 раза по мере перемещения головок считывания к центру дисков винчестера. На тестирование накопителя затрачивается одинаковое время (44 минуты 23 секунды) не зависимо от режима, в котором работает программа, — Verify или Read.

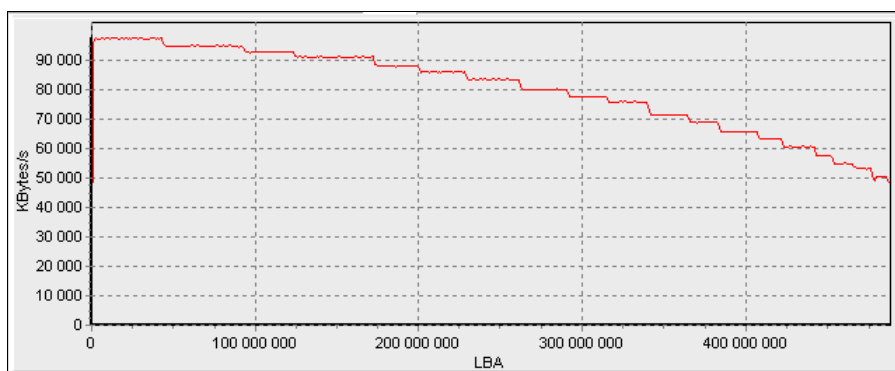
Необходимо убедиться, что памяти во внутреннем буфере (кэше) винчестеров достаточно для размещения блока информации 256 секторов. В табл. 1.7 приведены данные объемов кэша для всех накопителей, прочие данные которых были указаны в табл. 1.3. Из табл. 1.7 следует, что объемы буферов находятся в пределах от 8 до 32 Мбайт, которых достаточно для работы тестирующей программы HDDScan.

**Таблица 1.7.** Объемы внутренних буферов у различных винчестеров, представленных в табл. 1.3

Типы винчестеров	Объемы внутренних буферов винчестеров, Мбайт
ST3160815AS, WDC WD2500AAJS-98B4A0, WDC WD3200AAJS-00L7A0, ST3320820AS	8
WDC WD6400AACS-00M3B0, WDC WD6400AACS-00G8B1	16
WDC WD10EADS-00M2B0	32
Fujitsu MHZ2250BH G1	8

Интересно получить дополнительно данные для скорости передачи сигналов в случае винчестера с интерфейсом SATA-150. Таким винчестером является накопитель с объемом памяти 250 Гбайт WD2500AAJS-98B4A0, для которого на рис. 1.4 представлены результаты тестирования в режиме Verify.

Из рис. 1.4 можно сделать вывод, что для винчестера с интерфейсом SATA-150 пропускная способность получилась даже выше, чем для винчестеров с интерфейсом SATA-300. Сводные данные по пропускной способности всех испытывавшихся жестких дисков приведены в табл. 1.8.



**Рис. 1.4.** Пропускная способность в режиме Verify для винчестера типа WD2500AAJS-98B4A0 с интерфейсом SATA-150 и объемом памяти 250 Гбайт

Представленные в табл. 1.8 величины получены для материнской платы GA-M61P-S3 rev. 1.0 с двухъядерным процессором AMD 64 Athlon X2 (тактовая частота 2 ГГц для каждого из ядер).

Данные о скорости вращения шпинделя для винчестеров фирмы Seagate были получены с помощью программы Everest Ultimate Edition v5.02.1750, а для винчестеров фирмы Western Digital — с помощью программы SIW v1.68.629. Поэтому можно сделать следующий вывод: скорость передачи информации для испытывавшихся винчестеров фирмы Western Digital больше, чем для протестированных винчестеров фирмы Seagate, несмотря на равную или меньшую скорость вращения шпинделя для первой из указанных фирм.

**Таблица 1.8.** Сравнение скоростей передачи информации для винчестеров различного объема и различных изготовителей

Тип винчестера	Фирма-изготовитель, режим SATA	Объем памяти, Гбайт	Скорость вращения шпинделя, обороты в минуту	Скорость передачи информации, Мбайт/с	
				LBA=0	При максимальном значении LBA
ST3160815AS	Seagate, SATA-300	160	7 200	75	36
WDC WD2500AAJS-98B4A0	Western Digital, SATA-150	250	7 200	95	50
ST3320820AS	Seagate, SATA-300	320	7 200	77	40
WDC WD640AACS-00G8B1	Western Digital, SATA-300	640	≈5 400	85	40

*Примечание.* Области накопителей при LBA = 0 локализованы на дорожке с максимальным радиусом дисков винчестера. Максимальным значениям LBA соответствует дорожка с минимальным значением радиуса.

#### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Для внешних накопителей вместо интерфейса SATA может применяться интерфейс eSATA, или external SATA (внешний SATA), который отличается длиной кабеля (2 м), количеством обслуживаемых накопителей на канал (1 либо до 15 при использовании размножителя портов), а также другой конструкцией разъемов при том же количестве сигнальных линий.

## **1.2.4. Твердотельные винчестеры (SSD) на основе флэш-памяти**

В твердотельных винчестерах вместо памяти на магнитных дисках используется флэш-память. Это чисто электронное устройство, в котором отсутствуют механические элементы для перемещения головок. Следовательно, собственно накопители не производят акустического шума и вибраций. Однако имеются сообщения, что вопрос об уменьшении потребляемой мощности еще не снят с повестки дня, и поэтому при определенном объеме памяти может потребоваться внешнее охлаждение устройства, что повлечет появление акустических шумов.

Недостатками такого рода накопителей является их большая цена (пока это несколько сотен долларов за одно устройство), а также неопределенность с достижимыми объемами памяти. Публикуются сведения, имеющие рекламный характер, о разработках винчестеров SSD с объемами памяти от 64 Гбайт до 1,5 Тбайт.

Наиболее существенным недостатком рассматриваемых устройств является износ поверхности, заключающийся в том, что нельзя бесконечное количество раз записывать информацию по одним и тем же адресам памяти. Использовать для записи один и тот же адрес можно не более, по разным данным, от  $10^4$  до  $10^6$  раз. Разработанный к настоящему времени способ преодоления этого недостатка заключается в равномерной загрузке всех участков памяти операциями записи. При этом способе замедляется обращение к твердотельному винчестеру, а также существенно усложняется внутреннее программное обеспечение накопителя, поскольку одновременно приходится учитывать дефрагментацию записанных данных. Указанный недостаток не распространяется на операции чтения из памяти.

Проблема износа поверхности характерна и для обыкновенных флэшек. Этот недостаток напоминает появление дефектных секторов в механических винчестерах, в которых данная проблема решается программными средствами (см. главы 2 и 3).

В качестве достоинства обсуждаемых накопителей приводится возможность получения большой пропускной способности до 270 Мбайт/с. Однако при этом не приводятся конечные результаты испытания пропускной способности накопителя в реальном ПК (см. табл. 1.8).

Суммируя сведения из известных публикаций, можно сделать вывод о том, что твердотельные накопители еще долго не войдут в повседневную практику пользователей ПК, в первую очередь из-за их высокой стоимости. Кроме того, механические винчестеры тоже постоянно совершенствуются, о чем уже сообщалось на примере накопителей серии WD Caviar Green фирмы Western Digital. Намечается перспектива, при которой пользователи еще долго будут голосовать рублем за обычные винчестеры, продолжая в то же время внимательно следить за состоянием разработок и промышленным выпуском твердотельных накопителей.

Если кратко сформулировать итоги разработок в области твердотельных накопителей (SSD), то получится следующий список их преимуществ и недостатков по сравнению с жесткими дисками.

Преимущества по сравнению с жесткими дисками:

- меньше время загрузки системы, переход Power On Ready — 1 с;
- отсутствие движущихся частей;
- латентность в режиме чтения до 85 мкс;
- латентность в режиме записи до 115 мкс;
- более высокая производительность — скорость чтения и записи до 270 Мбайт/с;
- низкая потребляемая мощность;
- полное отсутствие шума от движущихся частей и охлаждающих вентиляторов;
- высокая механическая стойкость;

- широкий диапазон рабочих температур;
- практически устойчивое время считывания файлов вне зависимости от их расположения или фрагментации;
- малый размер и вес.

#### **ПРИМЕЧАНИЕ ПО ПОВОДУ ТЕРМИНА "ЛАТЕНТНОСТЬ"**

Наши уважаемые СМИ и корреспонденты не очень любят переводить на понятный язык иностранные термины, образуя русский новояз. Так вот, латентность — это задержка реакции (в данном контексте), скрытность (в более широком понимании), задержка между стимулом и реакцией (в физиологии) и т. д. Другие толкования слова см. в Интернете.

Недостатки твердотельных накопителей:

- высокая цена за 1 Гбайт (от 2 долларов, при примерно 8 центах для жестких дисков за гигабайт) и в результате несколько сотен долларов за винчестер;
- более высокая чувствительность к некоторым эффектам, например внезапной потере питания, магнитным и электрическим полям;
- ограниченное количество циклов перезаписи: обычная флэш-память позволяет записывать данные до 100 тыс. раз, более дорогостоящие виды памяти — до 5 млн раз.

### **1.3. Критичность напряжений питания, поступающих на винчестеры SATA**

Кто бы мог подумать, но главной причиной неработоспособности винчестеров SATA, с которой часто сталкиваются пользователи, является несоответствие уровня питающих напряжений требуемым нормам. Чтобы осознать это неожиданное препятствие, займемся сначала электротехническими расчетами по закону Ома. Все пользователи знают, что питающие напряжения поступают на винчестеры от блока питания через проводники. В первую очередь оценим, какая часть выходного напряжения  $\Delta U$  может упасть на этих проводниках, что нетрудно подсчитать. По закону Ома падение напряжения  $\Delta U$  равно произведению сопротивления проводника  $R$  на протекающий через него ток  $I$ , т. е.  $\Delta U = R \times I$ , где размерностями величин являются вольты, омы и амперы соответственно для  $\Delta U$ ,  $R$  и  $I$ . Сопротивление проводника  $R$  вычисляется по формуле  $R = \rho \times L / S$ , в которой используются следующие обозначения:

- $\rho$  — удельное сопротивление материала проводника (обычно используется медь, для которой этот параметр при температуре 20 °С принимается в расчетах равным величине 0,0175 Ом  $\times$  мм<sup>2</sup>/м);
- $L$  — длина проводника в метрах;
- $S$  — площадь поперечного сечения в квадратных миллиметрах (мм<sup>2</sup>).

В свою очередь площадь поперечного сечения круглого проводника может быть определена по формуле  $S = \pi \times d^2 / 4$ , где  $\pi$  — известное постоянное число, равное 3,14...,  $d$  — диаметр проводника в миллиметрах.

Подставив в приведенные формулы длину проводника  $L = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$ , удельное сопротивление  $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$ ,  $d = 0,9 \text{ мм}$ , получим, что сопротивление такого проводника будет равно  $R = 0,0055 \text{ Ом}$ . Длина 20 см и диаметр 0,9 мм соответствует типичным значениям длины и диаметра проводников на выходе блока питания до первого устройства (винчестера или оптического накопителя), к которому подводится питание. На этом участке сила тока может достигать 10 А (ампер) и более при запуске компьютера. Тогда выходное напряжение блока питания уменьшится приблизительно на 0,055 В. Необходимо отметить, что падение напряжения на проводниках обратно пропорционально квадрату их диаметра просто потому, что площадь сечения проводника прямо пропорциональна квадрату его диаметра. Требуется уточнить реальное сечение используемых проводников в блоке питания с учетом того, что они являются многожильными. Разрежем один их таких проводников и, вооружившись микрометром, установим диаметр  $d_1$  и количество  $n$  жил проводника. Испортив ради науки один из питающих шлейфов, получим, например, что  $d_1 = 0,17 \text{ мм}$ ,  $n = 32$ . Тогда площадь поперечного сечения  $S_1 = \pi \times d_1^2 \times n/4$ , или в данном случае  $S_1 = \pi \times 0,17^2 \times 32/4 = 0,726 \text{ мм}^2$  для многожильного проводника. Это соответствует диаметру сплошного проводника 0,96 мм при условии, что пропаяны все жилы на концах проводника.

Пока кажется, что все в порядке, т. к. падение напряжения на подводящих проводниках сравнительно небольшое (порядка 0,05 В). Но пока мы определились с вкладом лишь одной причины в уменьшение напряжений питания винчестеров. Целесообразно рассмотреть в целом всю схему питания накопителей и прочих устройств компьютера, начиная с выходов блока питания. Поскольку задача питающих напряжений к накопителям является личным творчеством каждого хозяина ПК, то здесь можно легко допустить ряд ошибок, благодаря которым винчестеры будут работать в условиях недостаточного энергообеспечения.

### 1.3.1. Выбор блока питания для винчестеров SATA

Блок питания для компьютера с винчестерами SATA должен иметь разъемы питания с напряжениями +3,3 В, +5 В и +12 В (см. табл. 1.5), и чем больше таких разъемов, тем лучше. Однако этому основному требованию удовлетворяют далеко не все блоки питания.

В серверных блоках питания мощностью 1 кВт и более действительно имеется много разъемов для винчестеров SATA, но и стоят такие блоки не малые деньги, имеют большие габариты и создают высокий уровень шума.

Большинство блоков питания диапазона мощностей 300–400 Вт, наиболее употребительных в домашних ПК, имеют в лучшем случае лишь один разъем для питания винчестеров SATA. Пользователи должны считать за счастье, если им попадет блок питания хотя бы с двумя разъемами питания SATA. Одним из таких блоков, попавшихся автору вместе с корпусом ПК, является блок питания мощностью 350 Вт Power Master® с техническими данными, приводимыми в табл. 1.9.

Один из выходов +12 В используется для питания процессора через преобразователь, расположенный на материнской плате. Выход +5 В, 2 А питает цепи, работающие в ждущем режиме для пробуждения ПК.

Таблица 1.9. Параметры блока питания Power Master®

Характеристики и параметры	Значения характеристик и параметров
Наименование модели	PM (P4) 350W P 20+4 pin Low Noise 120 FAN
Входные напряжения, ток, частота	220 В, 5 А, 50 Гц
Выходные напряжения и токи	+3,3 В, 20 А +5 В, 20 А +12 В, 10 А +12 В, 15 А -12 В, 0,8 А +5 В, 2 А (standby +5 В)
Выходные разъемы питания	2 × SATA, подключенные к одной питающей линии, штепсельные разъемы; 3 × IDE + 1 для дисководов гибких дисков, штепсельные разъемы, подключенные к одной питающей линии

Необходимо отметить, что ПК, использованный автором при написании данной книги, потреблял не более 120 Вт от источника бесперебойного питания APC Back-UPS ES 525, так что имелся тройной запас по используемой мощности. Можно было к одному источнику бесперебойного питания подключать второй домашний ПК вместе с электронно-лучевым монитором, что автору и приходилось делать в редких случаях.

На применявшейся в работе материнской плате GA-M61P-S3 имелось, например, четыре сигнальных разъема для винчестеров SATA. Как уже сообщалось, разъемов SATA в блоке питания было только два. Для подключения еще двух винчестеров SATA можно было применить переходник Molex-SATA (см. рис. 1.1), который позволял подать на винчестеры SATA лишь напряжения +5 В и +12 В. Оставшиеся два винчестера SATA не должны были использовать напряжение +3,3 В. К нашему счастью, таких винчестеров большинство.

Конечно, за более высокую цену предлагаются материнские платы с большим количеством разъемов SATA, но их приходится использовать сравнительно редко.

Почему-то получается, что, в конце концов, объемов дисковой и оперативной памяти всегда бывает мало. Для дальнейшего увеличения количества используемых винчестеров (SATA или IDE) следует применять, например, адаптеры USB или RAID-контроллеры.

Для питания винчестеров SATA, не требующих напряжения с номиналом +3,3 В, следует использовать напряжения +5 В и 12 В. Если разъемов с такими напряжениями недостаточно на блоке питания, то придется использовать Y-разветвители (которые на компьютерном слэнге именуется "штанами") для расширения возможностей подключения дополнительных периферийных устройств. В означенных Y-разветвителях используются четырехконтактные разъемы Molex.