

# Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	2
ТЕХНОЛОГИЯ TRAVAN .....	4
ТЕХНОЛОГИЯ DAT-DDS .....	5
ТЕХНОЛОГИЯ DLT .....	6
ТЕХНОЛОГИЯ LTO .....	9
ТЕХНОЛОГИИ MAMMOTH И AIT .....	11
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	13

## ВВЕДЕНИЕ

Любая современная компания считает интеллектуальную собственность своим капиталом. Для бизнеса в любой отрасли существенен быстрый и надежный доступ к критическим данным.

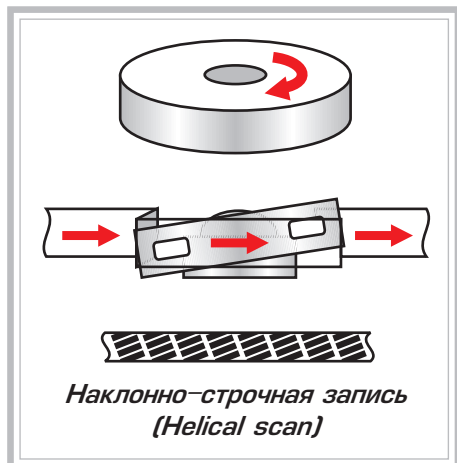
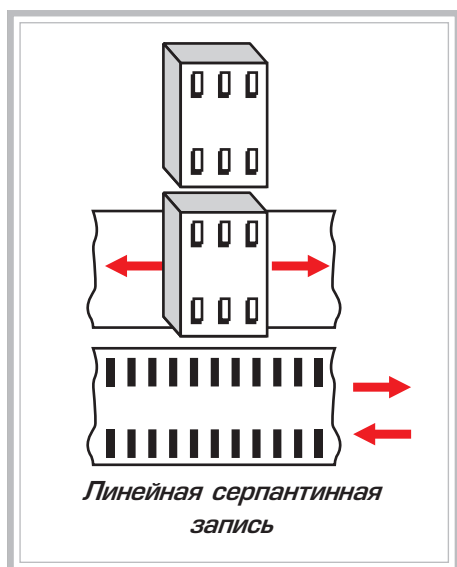
Не только в крупных корпорациях, но и на предприятиях малого бизнеса хорошо понимают необходимость резервного копирования и восстановления информации. Одинаковым успехом пользуются потоковые накопители, или стримеры. В основе их конструкции лежит лентопротяжный механизм, работающий в инерционном режиме. Накопители на магнитной ленте, применяемые вместе с компьютерами пришли на смену перфолентам и перфокартам. Еще одним достоинством накопителей на магнитной ленте является низкая стоимость хранения информации.

Наиболее широко сегодня применяются такие технологии, как Travan, DLT (Digital Linear Type), DAT-DDS (Digital Audio Tape-Digital Data Storage), LTO (Linear Tape Open), Mammoth и AIT (Advanced Intelligent Tape). Для обоснованного выбора системы резервного копирования

надо ясно представлять себе достоинства и недостатки разных устройств, которые во многом определяются емкостью системы, ее быстродействием, надежностью и ценой.

Основные стимулы к повышению производительности ленточных устройств среднего и старшего класса - это широкое использование Интернета и распространение корпоративных интрасетей, увеличение числа серверов (нужных, чтобы обеспечить рост этих сетей), а также ужесточение требований к хранению информации и ее восстановлению в случае аварий. Спрос на системы резервного копирования и хранения данных особенно подстегивается все более активным использованием таких приложений, как мультимедиа, видео по запросу, звуковое информационное наполнение, обработка изображений и т. п.

Заметим, что применяются два метода записи на магнитную ленту: наклонный и линейный серпантинный. В системах наклон-



ной записи несколько считывающих/записывающих головок размещают на вращающемся барабане, установленном под углом к вертикальной оси (аналогичная схема применяется в бытовой видеоаппаратуре), Движение ленты при записи/чтении возможно только в одном направлении. В системах линейной серпантинной записи считывающая/записывающая головка при движении ленты неподвижна. Данные на ленте записываются в виде множества параллельных дорожек (серпантина). Головка размещается на специальной подставке; по достижении конца ленты она сдвигается на другую дорожку. Движение ленты при записи/чтении идет в обоих направлениях. На самом деле таких головок обычно устанавливается несколько, чтобы они обслуживали сразу несколько дорожек (они образуют несколько каналов записи/чтения).

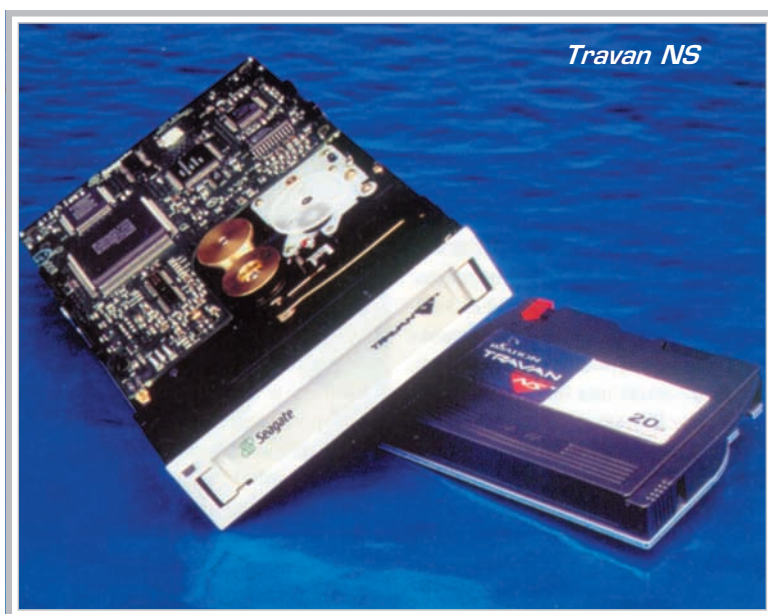
## ТЕХНОЛОГИЯ TRAVAN

Технология Travan, разработанная корпорацией 3M, стала новой ступенью развития устройств, базирующихся на стандартах QIC (Quarter Inch Committee). В 1983 г. появились первые приводы, базирующиеся на стандарте QIC-02. Картриджи этих устройств могли хранить 60 Мбайт информации на 300 футах (примерно 90 м) ленты. Стандарты QIC определяют интерфейс между компьютером и стримером, формат ленты, необходимое количество головок, методы кодирования, коды и алгоритмы коррекции данных, а также SCSI-команды для накопителей, использующих этот интерфейс. Наибольшее распространение получили накопители, соответствующие стандартам QIC-40 и QIC-80. Они подключались к компьютеру через уже существующий контроллер флоппи-дисков. Форматы записи допускали как CRC-, так и ECC-кодирование, что позволяло одновременно проводить контроль и исправление ошибок при очень высокой достоверности записи данных (один ошибочный бит из ста триллионов). Стандартом для четвертьдюймовых лент стали картриджи DC6000 и DC2000.

Первые модели стримеров Travan не потребовали никаких конструктивных изменений носителей информации: в их устройстве применялась уже существовавшая электроника привода и технология изготовления головок.

Компания Imation выпускает два семейства картриджей: Travan - для накопителей настольных компьютеров и Travan NS - для стримеров серверов. Последнее семейство включает три модели: Travan NS8, Travan NS20 и Travan NS36, обеспечивающие хранение 8, 20 и 36 Гбайт сжатых данных соответственно.

Стоит отметить, что новую жизнь в QIC-накопители вдохнула корпорация Tandberg Data (<http://www.tandberg.com>). Она усовершенствовала многоканальную технологию линейной записи MLR (Multichannel Linear Recording) и начала выпускать накопители SLR (Scalable Linear Recording), отличающие-



ся более высокой плотностью записи и быстродействием. Например, подобный стример -SLR60 может хранить на ленте 30 Гбайт несжатых данных и передавать их со скоростью 4 Мбайт/с. Одно из основных преимуществ SLR-накопителей Tandberg - высокая надежность: среднее время безотказной работы составляет 300 тыс. часов при 100%-ной загрузке.

## ТЕХНОЛОГИЯ DAT-DDS

Основой для разработки технологии DDS послужила методика записи высококачественного звука DAT (Digital Audio Tape), поэтому подчеркнем, что DAT и DDS - вовсе не одно и то же. Для DAT-картриджей с лентой шириной 4 мм (точнее 3,81 мм) чаще всего используется формат DDS (Digital Data Storage), разработанный фирмами Sony (<http://www.sony.co.jp>) и Hewlett-Packard. Он основан на технологии Helical Scan, которая известна как наклонно-строчная запись. Обязательный в данном случае атрибут лентопротяжного механизма - блок вращающихся головок (БВГ), выполненный в виде цилиндра (барабана). В зависимости от используемого формата записи лента обертывается вокруг БВГ под некоторым углом, причем ось самого цилиндра БВГ также наклонена под небольшим углом к ленте.

Битам данных присваиваются числовые значения, после чего эти цифры транслируются в поток электронных импульсов, которые и помещаются на ленте. Эта технология во многом напоминает запись музыки на компакт-диск. Формат DDS, вообще говоря, использует лентопротяжный механизм DAT с четырьмя головками на БВГ: две головки записи и две - чтения после записи. Дорожки записываются парами (так называемыми фреймами), причем записи на дорожках частично перекрываются. Каждый фрейм содержит 8 Кбайт информации. Головки на БВГ расположены под различными азимутальными углами относительно ленты, поэтому каждая головка легко различает свою дорожку. С той же целью задейство-





вана система автоматического поиска дорожки ATF (Automatic Track Finding).

В накопителях DDS-4 технологические улучшения коснулись не только блока вращающихся головок записи-чтения, но и носителя. Надо особо отметить, что во всех стримерах, применяющих технологию Helical Scan, есть возможности верификации данных типа “чтение после записи” и коррекции ошибок непосредственно во время записи.

Дальнейшего развития технология DAT-DDS уже, видимо, не получит. Все ведущие производители заявили о том, что разработка продуктов категории DDS-5 не планируется.

## ТЕХНОЛОГИЯ DLT

Вместе с машиной Micro VAX II от DEC в 1995 г. была анонсирована система резервного копирования, сменным носителем в которой служил небольшой картридж, имевший, в отличие от известных уже картриджей QIC, только одну катушку с лентой. Роль приемной катушки исполнял механизм самого привода. Это позволило сэкономить место в картридже и значительно увеличить длину ленты. Устройство получило название TK50; на одном его носителе могло храниться 94 Мбайт информации. Но только накопитель TF85, разработанный в 1989 г. инженерами Digital Equipment, можно было назвать первой DLT-системой. Данное устройство, впоследствии названное DLT260, обеспечивало запись 2,6 Гбайт на ленте длиной 1200 футов (360 м) в картридже CompactTape III (ныне известен как DLTtape III).

Основной особенностью нового привода был запатентованный 6-роликовый ведущий механизм с блоком головок HGA (Head Guide Assembly). Он обеспечивал мягкий и плавный ход ленты с минимальным трением.

Путь ленты был значительно меньше, чем на приводах с 8-миллиметровой лентой, и это снижало ее износ и повреждения. Благодаря HGA плотность записи на полудюймовой ленте была увеличена с 48 дорожек до 122.



В 1991 г. Digital выпустила привод TF86 (впоследствии названный DLT600), который на картридже DLTtape III мог хранить уже 6 Гбайт данных. Два года спустя появился накопитель, известный сегодня как DLT2000. Емкость кассеты возросла до 10 Гбайт, а скорость передачи данных достигла 1,25 Мбайт/с. Устройство было оснащено 2 Мбайт кэш-памяти.

Еще один производитель, компания Quantum (<http://www.quantum.com>), начала активно работать над технологией DLT с 1994 г. В ее устройстве DLT4000 был сделан резкий скачок не только по емкости, но и по производительности и надежности. В новом картридже DLTtape IV длина ленты была увеличена на 600 футов. Почти в полтора раза выросла плотность записи. На одной кассете теперь можно было хранить 20 Гбайт данных, а при сжатии - 40 Гбайт. Скорость передачи информации возросла до 1,5-3 Мбайт/с. Накопитель DLT7000 до недавнего времени был безусловным лидером среди DLT-устройств: емкость одной кассеты составляла 35 Гбайт (70 Гбайт при сжатии данных), а скорость передачи данных достигала 5-10 Мбайт/с.

Отметим, что полудюймовая лента на 60% шире, чем 8-миллиметровая, следовательно, при прочих равных условиях на ней можно хранить больше информации. Как уже отмечалось, DLT-привод записывает данные последовательно (линейно).

В DLT-устройствах применяется уникальная многоуровневая схема обнаружения и коррекции ошибок. Для обеспечения целостности информации, записываемые данные сразу же считываются головкой чтения и сравниваются с поступившими от компьютера. При обнаружении несоответствий фрагмент немедленно перезаписывается на следующем участке ленты.

DLT-картридж имеет 10,6 см в длину, 10,5 см в ширину и 2,5 см в высоту. Длина хранимой в нем ленты может варьироваться от 1200 до 1828 футов (363-554 м). На корпусе имеется специальная защелка, предотвращающая случайную запись на ленте. На сегодняшний день для DLT-накопителей используются три типа картриджей, окрашенных в разные цвета: DLTtape III (серый), DLTtape IIIXT (белый) и DLTtape IV (черный).

Технологические изменения в приводе DLT8000 позволили увеличить емкость хранения до 40 Гбайт (80 Гбайт со сжатием), а скорость передачи довести до 6-12 Мбайт/с.

DLT-накопители предназначены для интенсивного использования в сетях среднего размера. Среднее время безотказной работы MTBF (Mean Time Between Failure) при полной нагрузке составляет около 200

тыс. ч. Ресурс блока головок обычно не превышает 30 тыс. ч, а вот долговечность носителя довольно высока - более миллиона проходов ленты.

Новая технология Super DLT была впервые реализована корпорацией Quantum в накопителе DLTtape 220N.



Незадолго до этого компания Maxell (<http://www.maxell.com>) анонсировала новый картридж - Super DLTtape I. Главная его особенность - технология Laser Guided Magnetic Recording (LGMR). Данные в Super DLT пишутся на одной стороне магнитной ленты, а информация о положении головок чтения-записи - на обратной. Благодаря использованию лазера удастся очень точно позиционировать головки и соответственно очень близко располагать дорожки на ленте. Еще одной инновацией в Super DLT стала новая система синхронизации POS (Pivoting Optical Servo), которая будет работать со встроенной серводорожкой, нанесенной на ленту еще в процессе производства, благодаря чему не требуется переформатирование ленты. Кроме этого, к базовым технологиям Super DLT можно отнести: AMP (Advanced Metal Powder), технологию использования металлического порошка, обеспечивающую запоминание больших объемов данных;

MRC (Magneto Resistive Cluster), кластер магниторезистивных головок и ERP (Enhanced Partial Response) - усовершенствованный вариант метода PRML (Partial Response Maximum Likelihood), разработанного Quantum совместно с Lucent/Bell Labs (<http://www.lucent.com>).

Отметим, что магниторезистивная головка считывания представляет собой резистор, сопротивление которого меняется в зависимости от напряжения магнитного поля, причем амплитуда сигнала практически не зависит от скорости изменения поля. Это позволяет намного надежнее считывать информацию с ленты и в результате значительно повысить предельную плотность записи. Основной недостаток индуктивных головок - сильная зависимость амплитуды сигнала от скорости перемещения магнитного покрытия и высокий уровень шумов, затрудняющий обнаружение слабых сигналов. В метод же PRML (максимальное правдоподобие при неполном отклике) для считывания информации приме-



няется ряд положений теории распознавания образов. При традиционном декодировании, когда отслеживается амплитуда, частота или фаза считываемого сигнала, эти параметры должны были значительно меняться, чтобы обеспечить надежность. В частности, при записи подряд двух или более совпадающих разрядов их приходилось специальным образом кодировать, что снижало плотность записи. В методе PRML для декодирования применяются шаблоны, с которыми сравнивается считанный сигнал. Это позволяет повысить плотность записи данных на 30-40%.

Благодаря тому, что магнитное кодирование данных происходит на одной стороне ленты, а лазерное кодирование служебной информации - на другой (для позиционирования ленты и контроля скорости), для управления перемещением ленты не требуется отдельной магнитной головки. Головки объединяются в группы (кластеры), резко увеличивая возможную емкость ленты.

Особый фактор - встроенное микропрограммное обеспечение. Оно управляет такими важными функциями и параметрами, как коммуникации по шине SCSI, обнаружение и коррекция ошибок, сжатие данных, скорость ленты, форматирование данных. Кроме того, микропрограммное обеспечение реализует функции протокола SCSI (включая сообщения, команды и параметры).

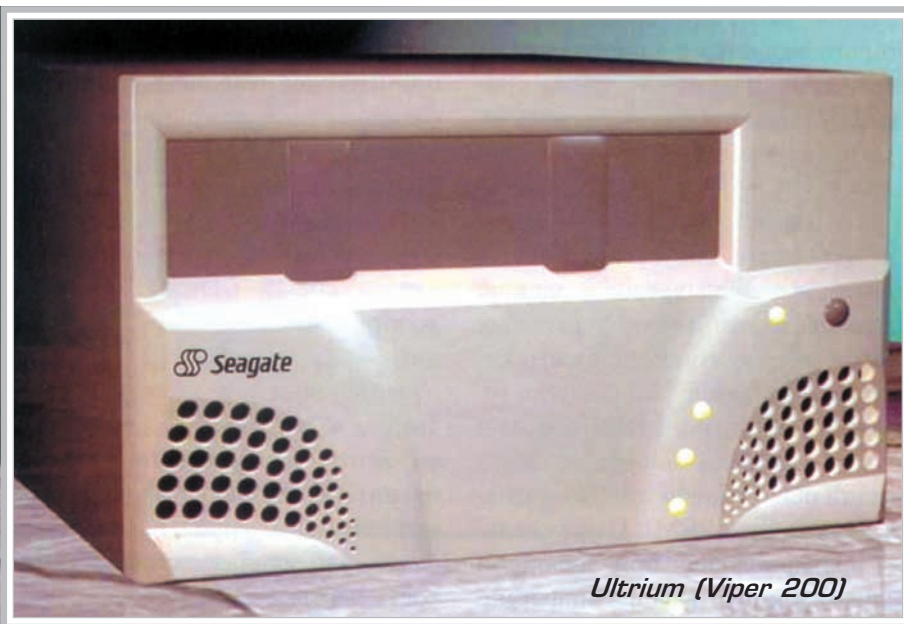
На одном картридже для модели Super DLTtape 220N хранится 110 Гбайт данных в неуплотненном виде (220 Гбайт при сжатии), а скорость передачи данных достигает 11 Мбайт/с (22 Мбайт/с при сжатии).

## ТЕХНОЛОГИЯ LTO

В ноябре 1997 г. три крупнейших компании, производящих накопители на магнитной ленте - IBM (<http://www.ibm.com>), Hewlett-Packard и Seagate Technology объявили о соглашении, результатом которого стало создание новой технологии для стримеров, используемых в больших компьютерных системах. Новая технология, получившая название LTO (Linear Tape Open), объединила преимущества линейных многоканальных двунаправленных форматов записи и улучшенные сервосистему, способ сжатия данных, размещение дорожек, метод коррекции ошибок, производительность и надежность. Ее основные особенности - многоканальная серпантинная запись и высокая плотность записи (до 100 Мбит/кв. дюйм).

На базе LTO-технологии созданы два формата: Ultrium (интенсивная запись) и Accelis (интенсивное чтение). При использовании LTO-

технологии полная ширина ленты делится на несколько более узких областей. Количество таких областей зависит от типа формата: для Ultrium выделяется четыре области, а для Accelis - две. Блок головок охватывает только



одну из имеющихся областей и заполняет их последовательно. На верхней и нижней границах каждой области данных записывается сервоинформация. Форматы Ultrium и Accelis используют одинаковые магнито-резистивные головки, сервосистемы и конструкцию отдельных механических и электронных блоков. Однако в Ultrium для большей емкости применяется более широкая лента.

Формат Ultrium использует однокатушечный картридж размером 105x102x21 мм. Это меньше, чем у любого из существующих в промышленности однокатушечных картриджей. На ленте предусмотрено место для 384 дорожек данных, которые распределены на четыре области по 96 дорожек. Скорость передачи данных не превышает 10-20 Мбайт/с.

Высокая целостность данных при записи в обоих форматах достигается благодаря двухуровневой коррекции ошибок. Алгоритм контроля и коррекции ошибок обеспечивает надежное восстановление информации даже при потере данных одной из восьми дорожек. Кроме того, существует возможность чтения во время записи - RWW (Read While Write), что позволяет выполнять верификацию данных в реальном масштабе времени. Динамическая перезапись сбойных блоков обеспечивает качественное копирование информации даже при выходе из строя одной или нескольких головок. Сдвоенная сервосистема гарантирует (за счет избыточности) нормальное функционирование накопителя даже в случаях выхода из строя одной из систем или повреждения части сервоинформации, записанной на магнитной ленте.

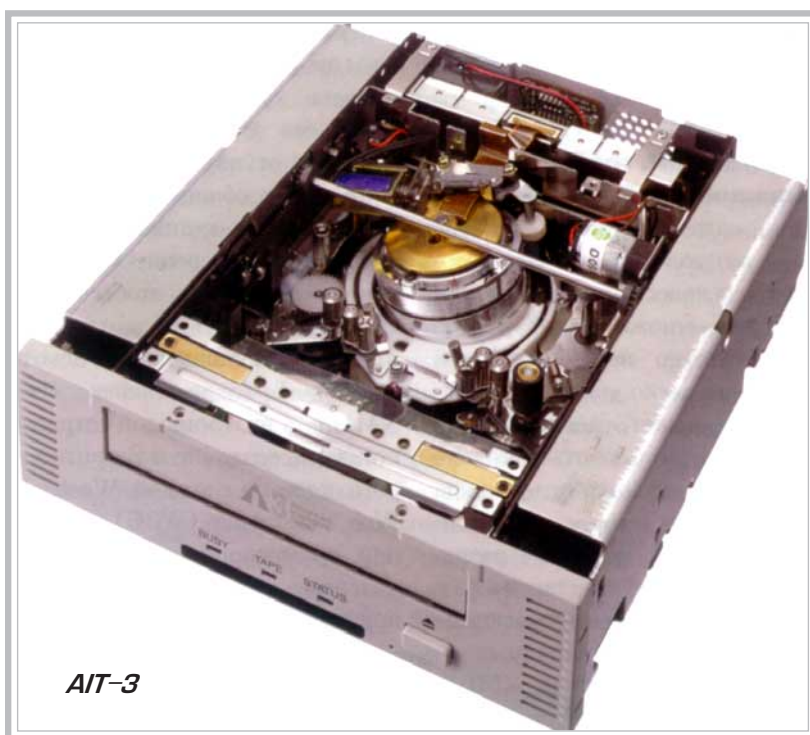
В картриджи Ultrium и Accelis встраивается специальный модуль LTO-CM (LTO Cartridge Memory), который содержит 4 Кбайт энергонезависимой памяти.

## ТЕХНОЛОГИИ МАММОТН И АИТ

Первые стримеры с шириной ленты 8 мм были выполнены на базе лентопротяжных механизмов аналоговых видеомagneтофонов VCR (Video Cassette Recorder). Кроме трех головок - серво-, записи и чтения после записи - имеется отдельная головка для стирания всей информации с ленты. Барабан вращается со скоростью около 1800 об./мин, а лента движется со скоростью примерно 10 мм/с. Каждая дорожка записывается индивидуально и содержит 8 Кбайт информации. Лента обертывается вокруг БВГ больше чем наполовину. Емкость 2-часового картриджа в формате NTSC может составлять до 10 Гбайт. В среднем же одна 8-миллиметровая кассета вмещает от 5 до 7 Гбайт цифровой информации в зависимости от алгоритма сжатия и модели механизма.

Одной из проблем подобных устройств была не очень высокая надежность, поэтому интерес к этому формату после определенного всплеска быстро сошел на нет. Учтя эти проблемы, компания Exabyte (<http://www.exabyte.com>) в 1996 г. на базе данного формата разработала спецификацию Mammoth, которая поддерживала кассеты емкостью 20 Гбайт и скорость передачи данных до 3 Мбайт/с.

В конце 1999 года Exabyte выпустила накопитель Mammoth-2. На одну ленту он записывает 60 Гбайт несжатых данных и передает их со скоростью 12 Мбайт/с. При использовании средств сжатия данных емкость ленты увеличивается до 150 Гбайт, а производительность накопителя - до 30 Мбайт/с. Среднее время безотказной работы составляет не менее 300 тыс. ч. Срок службы магнитных головок этого накопителя при 100%-ной загрузке достигает 50 тыс. ч. В настоящее время компания Exabyte занята разработкой технологии Mammoth-3, реализация которой позволит хранить на одном носителе 120 Гбайт несжатых данных и обеспечит производительность 18 Мбайт/с.



АИТ-3

Корпорация Sony, сотрудничая с Exabyte, разработала собственную технологию AIT. Она также построена на использовании 8-миллиметровых лент, однако, в отличие, например, от DAT, в ней используются барабаны большего диаметра с меньшей скоростью вращения. В картриджах AIT находится высокотехнологичная лента AME (Advanced Metal Evaporated), обеспечивающая повышенную плотность и скорость записи. Хотя ширина носителя в AIT также составляет 8 мм, накопители этого стандарта полностью несовместимы с классическими 8-миллиметровыми устройствами.

Характерная черта картриджей AIT - наличие в них встроенной памяти (Memory-In-Cassette). В MIC хранятся сведения о месторасположении на ленте пользовательских файлов, а также другая, в том числе системная, информация. Это позволяет сократить среднее время доступа к файлу.

Первая версия AIT-1 позволяла хранить на одной кассете 25 Гбайт несжатой информации при скорости обмена 3 Мбайт/с. В дальнейшем для AIT-1 стали выпускаться кассеты с большей длиной ленты, что позволило хранить 35 Гбайт несжатой информации. Современный метод сжатия данных ALDC (Adaptive Lossless Data Compression) позволяет достигнуть коэффициента сжатия 2,6:1. Объем памяти MIC в AIT-1 составляет 16 Кбайт.

Поколение накопителей AIT-2 позволяет хранить на одной кассете 50 Гбайт несжатой информации и обеспечивает производительность 6 Мбайт/с. Объем памяти MIC увеличен до 64 Кбайт. Третье поколение технологии, AIT-3, представлено сегодня накопителем Sony SDX-700C с емкостью носителя 100 Гбайт. Стоит отметить, что в отличие от классических накопителей AIT-устройства не требуют регулярной чистки благодаря встроенной системе АНС (Active Head Cleaner), которая постоянно контролирует их состояние и при необходимости автоматически включает механизм очистки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основная проблема при использовании накопителей на магнитной ленте сегодня заключается в том, что множество таких устройств использует несовместимые друг с другом форматы записи данных на магнитной ленте. Это часто затрудняет не только выбор конкретного накопителя, но и обмен данными при его эксплуатации. Предпринято немало усилий для решения этой проблемы, но в целом можно констатировать, что кардинальных перемен пока не произошло (хотя некий прогресс в этом направлении есть).