

К. т. н. Ю. Е. НИКОЛАЕНКО, к. т. н. В. Ю. КРАВЕЦ,
В. А. СТРЮЧЕНКО, А. С. БЕЛОКОНЕНКО

Украина, г. Киев, НТУУ "КПИ", ГНПП "Электронмаш"
E-mail: nikol@industry.gov.ua

Дата поступления в редакцию
15.10 2002 г.

Оппонент д. т. н. В. Т. ДЕЙНЕГА
(НИИ "Шторм", г. Одесса)

ОХЛАЖДЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ НА ЖЕСТКИХ МАГНИТНЫХ ДИСКАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ

Система охлаждения накопителей на жестких магнитных дисках на основе тепловых труб позволяет отказаться от принудительного охлаждения с помощью вентиляторов.

При конструировании персональных и специализированных ЭВМ все чаще используются накопители на жестких магнитных дисках (НЖМД) с частотой вращения 7200 мин^{-1} , а в перспективных моделях ЭВМ ожидается использование НЖМД с частотой вращения дисков до $10\text{—}15 \text{ тыс. мин}^{-1}$ [1]. Такие НЖМД обладают повышенным тепловыделением, что приводит к нагреванию как самого диска, так и соседних с ним элементов и устройств в корпусе ЭВМ. Для обеспечения нормального теплового режима и заданной надежности работы используется принудительное воздушное охлаждение, которое осуществляется либо с помощью встроенных в корпус ЭВМ общих вентиляторов, либо с помощью индивидуальных вентиляторов, встроенных непосредственно в корпус НЖМД [1—3].

На рис. 1, а показана конструкция НЖМД, к корпусу которого снизу или сверху прикреплена накладная с двумя желобами и одним или двумя встроенными в нее индивидуальными вентиляторами [1]. Такая конструкция позволяет с помощью вентилятора подавать холодный воздух непосредственно на корпус НЖМД и отводить его после нагревания по желобам накладной в окружающее пространство (направление движения воздушного потока на рис. 1 условно показано стрелками). Второй вариант использования индивидуальных вентиляторов предусматривает размещение НЖМД в П-образном охлаждающем корпусе с перфорированной передней панелью [2]. Между передней панелью и НЖМД устанавливаются два или три вентилятора, обдувающие корпус. Для повышения эффективности охлаждения корпус НЖМД выполняют из алюминия и снабжают ребрами (рис. 1, б). Аналогичная конструкция приведена в [3] — с той лишь разницей, что НЖМД размещен в раздвижном корпусе с перфорированными или герметичными крышками и задней панелью, в которой установлены один или два вентилятора. Схематично такая конструкция показана на рис. 1, в.

Эффективность охлаждения НЖМД с применением вентиляторов достаточно высока и позволяет обеспечить необходимый тепловой режим. Вместе с тем системам охлаждения с использованием вентиляторов свойственны и недостатки — необходимость

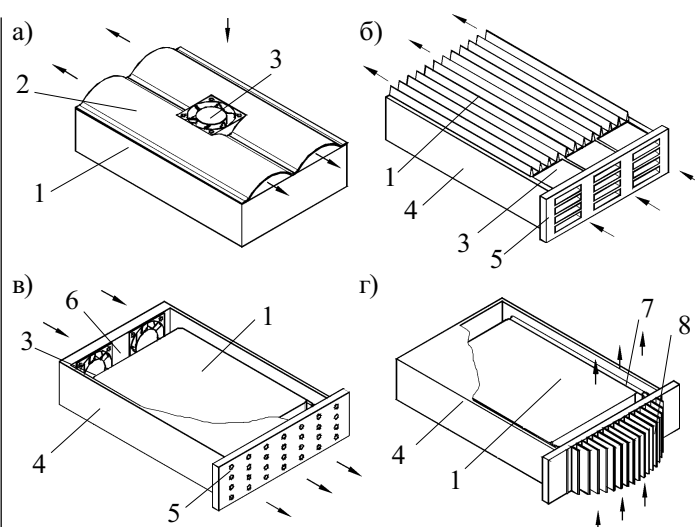


Рис. 1. Конструктивные схемы построения охлаждаемых ЖМД: а — с накладкой, содержащей вентилятор; б — с П-образным внешним корпусом, содержащим три вентилятора; в — с раздвижным внешним корпусом, содержащим два вентилятора; г — предложенная авторами конструкция без вентиляторов
1 — внутренний корпус с НЖМД; 2 — накладная; 3 — вентилятор; 4 — внешний корпус; 5 — передняя панель; 6 — задняя панель; 7 — тепловая труба; 8 — радиатор

энергозатрат, акустические шумы, вызванные движением воздушного потока сквозь отверстия и щели в корпусе устройства. Кроме того, наличие отверстий и щелей приводит к запыленности поверхности НЖМД, что ухудшает условия его охлаждения.

Целью настоящей работы является поиск и реализация новых конструктивно-технологических решений, позволяющих в значительной мере устранить указанные недостатки.

Поставленная задача решается за счет того, что в НЖМД, имеющем внешний корпус и жесткий магнитный диск, размещенный во внутреннем герметичном корпусе с теплоотдающей поверхностью, на передней поверхности внешнего корпуса выполнен радиатор, а между внутренним и внешним корпусами установлены одна или несколько тепловых труб с зонами испарения и конденсации [4]. Схематично такая конструкция НЖМД показана на рис. 1, г.

Разработанная конструкция НЖМД показана на рис. 2. Теплоотдающей поверхностью внутреннего корпуса 1б является поверхность двух его боковых стенок. Электронный блок может быть размещен вместе с жестким магнитным диском во внутреннем

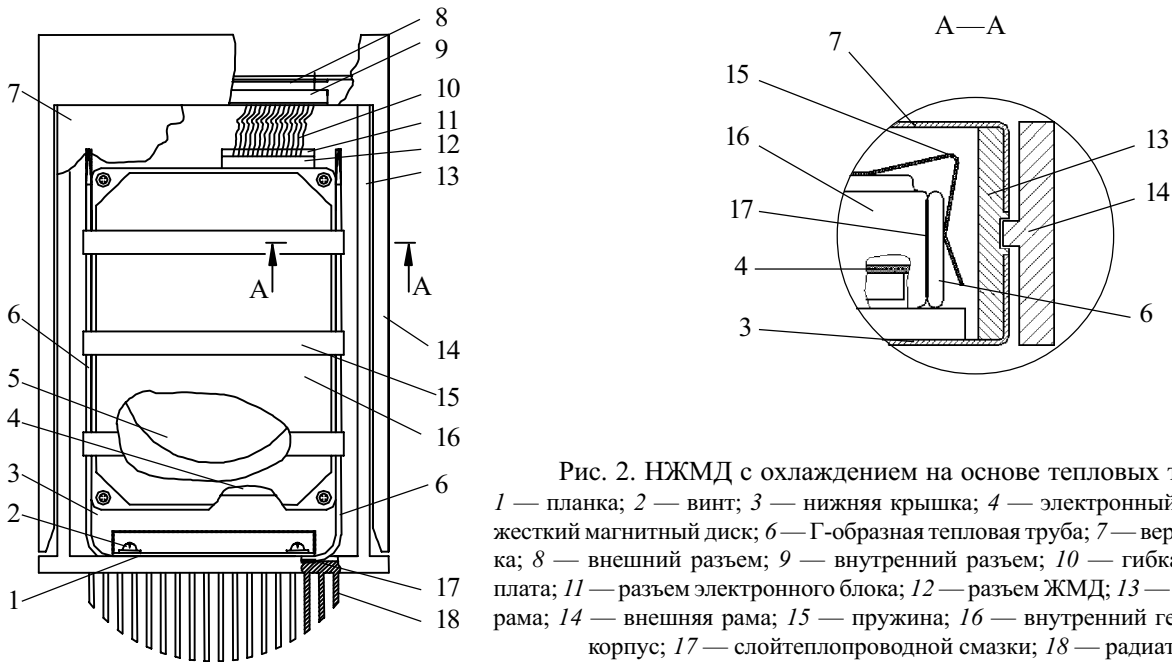


Рис. 2. НЖМД с охлаждением на основе тепловых труб:
 1 — планка; 2 — винт; 3 — нижняя крышка; 4 — электронный блок; 5 — жесткий магнитный диск; 6 — Г-образная тепловая труба; 7 — верхняя крышка; 8 — внешний разъем; 9 — внутренний разъем; 10 — гибкая печатная плата; 11 — разъем электронного блока; 12 — разъем ЖМД; 13 — внутренняя рама; 14 — внешняя рама; 15 — пружина; 16 — внутренний герметичный корпус; 17 — слой теплопроводной смазки; 18 — радиатор

корпусе либо иметь свой индивидуальный корпус и размещаться под внутренним корпусом НЖМД.

Внешний корпус НЖМД состоит из внутренней рамы 13, внешней рамы 14, нижней крышки 3 и верхней крышки 7. Крышки могут быть выполнены как герметичными (для эксплуатации в условиях запыленности), так и перфорированными. Внутренняя рама установлена во внешней раме подвижно с помощью продольных направляющих элементов. На задней стенке внешней рамы 14 установлен внешний электрический разъем 8, который электрически соединен с внутренним разъемом 9, установленным на внутренней раме. Разъем 9 с помощью гибкой печатной платы 10 электрически соединен с разъемом 12 жесткого магнитного диска и разъемом 11 электронного блока. На передней панели внутренней рамы 13 внешнего корпуса выполнен радиатор 18, имеющий развитое оребрение в виде пластин, штырей, проволочек и т. п.

Между внутренним корпусом жесткого магнитного диска и внешним корпусом накопителя установлены две тепловые трубы Г-образной формы 6 с зоной испарения и зоной конденсации. Форма тепловых труб (которая может быть и другой — см. рис. 3) и их количество определяются видом и местом расположения теплоотдающих поверхностей внутреннего корпуса, возможностью конструктивного размещения теп-

ловых труб внутри устройства, удобством монтажа и крепления к теплоотдающим поверхностям внутреннего корпуса и к радиатору.

Зона испарения каждой тепловой трубы установлена с обеспечением теплового контакта на теплоотдающей поверхности внутреннего корпуса 16 (см. рис. 2), а зона конденсации установлена с обеспечением теплового контакта на внутренней поверхности радиатора 18 либо в теле радиатора. Закрепление зоны испарения обеих тепловых труб 6 на боковых теплоотдающих поверхностях внутреннего корпуса 16 в данной конструкции выполнено с помощью охватывающих пружин 15. Зона конденсации обеих тепловых труб установлена и закреплена на внутренней поверхности радиатора с помощью планки 1 и винтов 2 (возможны и другие варианты, например, с помощью пружины).

Для уменьшения контактного теплового сопротивления в местах контакта тепловой трубы нанесен слой 17 теплопроводной смазки, например пасты КПТ-8.

Тепловая труба выполнена в виде полого вакуумированного герметичного корпуса, внутренняя поверхность которого покрыта слоем капиллярно-пористого материала (например металлического войлока), насыщенного жидким теплоносителем, в качестве которого используется дистиллированная вода или этиловый спирт.

НЖМД устанавливается и работает, как правило, в составе системного блока ЭВМ или сервера. При этом накопитель устанавливается в сервер таким образом, чтобы оребренная поверхность радиатора находилась за пределами корпуса сервера.

Высокоэффективный замкнутый испарительно-конденсационный цикл обеспечивает отвод теплоты из герметичного корпуса к окружающему серверу воздуху с минимальными потерями и без использования вентиляторов, что улучшает условия работы обслуживающего персонала, повышает защищенность внутренних элементов устройства от пыли и — за счет этого — эффективность охлаждения в процессе продолжительной эксплуатации. Устройство обладает универсальностью: оно может устанавливаться в раз-

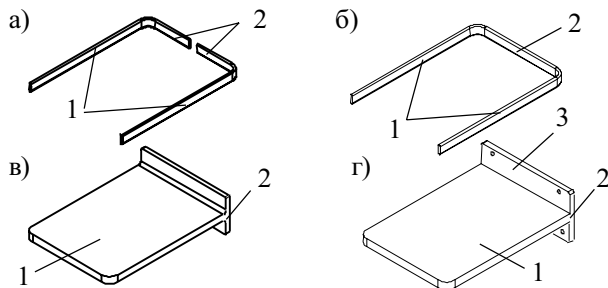


Рис. 3. Тепловые трубы различной формы:
 а — Г-образная; б — П-образная; в — Т-образная; г — прямая
 1 — зона испарения; 2 — зона конденсации; 3 — припаянный фланец с крепежными отверстиями

ные типы электронно-вычислительной техники, в нем также могут использоваться разные типы ЖМД.

Изготовлен экспериментальный образец устройства с тепловой трубой П-образной формы (рис. 4). Заготовкой для корпуса тепловой трубы служила медная трубка внешним диаметром 6 мм,

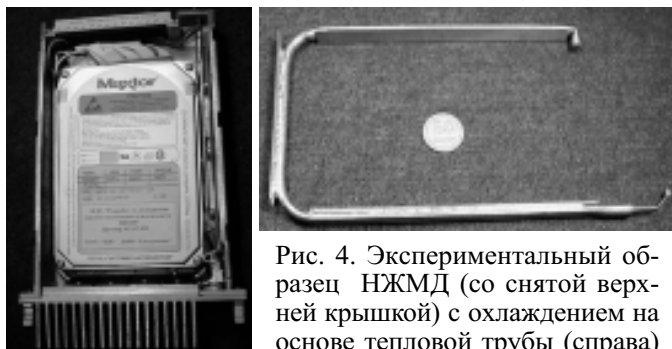


Рис. 4. Экспериментальный образец НЖМД (со снятой верхней крышкой) с охлаждением на основе тепловой трубы (справа)

которая сплющивалась до размера 3 мм для придания ей 0-образной формы (см. рис. 5). К зонам испарения и конденсации припаяны медные фланцы толщиной 1 мм размерами 15×150 и 15×85 мм, соответственно, для надежного контакта с соединяемыми элементами. Капиллярная структура толщиной 0,5 мм изготовлена из отрезков медных волокон, спеченных как между собой, так и с корпусом тепловой трубы. Теплоноситель — этиловый спирт. Радиатор выполнен из алюминиевого сплава Д16Б и имеет 18 ребер размерами 30×42×2 мм. Расстояние между ребрами 4 мм. Габаритные размеры радиатора 149×42×40 мм, общая площадь поверхности 550 см².

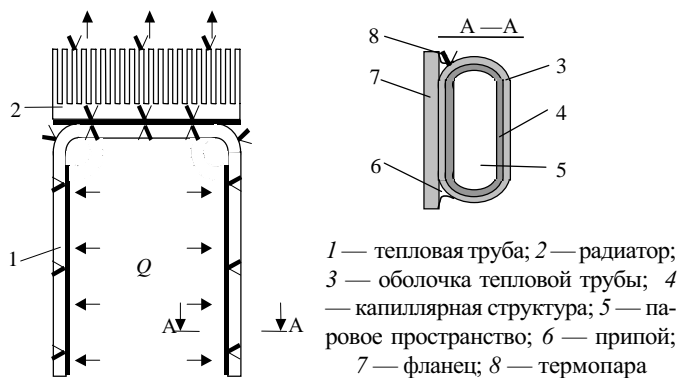


Рис. 5. Тепловая модель системы охлаждения

Для определения эффективности разработанной системы охлаждения были проведены тепловые испытания изготовленного образца. Исследование теплопередающих характеристик осуществлялось по схеме, приведенной на рис. 5. К фланцам обеих зон испарения тепловой трубы подсоединялись омические нагреватели, имитирующие условия подвода теплоты от жесткого диска. К каждой зоне испарения подводился тепловой поток, равный половине общего теплового потока Q . Контакт тепловой трубы с омическими нагревателями и с радиатором осуществлялся с помощью пасты КПТ-8. Тепловая труба при испытаниях размещалась горизонтально. При этом зона конденсации с радиатором были помещены в бокс, в котором были созданы условия естественной конвекции воздуха. Температура охлаждающего воздуха в боксе поддерживалась постоянной. Испыта-

ния проводились при двух значениях температуры охлаждающего воздуха — 26 и 20°C. Все температурные измерения производились с помощью 20 медь-константановых термопар: по 3 термопары в каждой зоне нагрева (в местах припайки фланцев к тепловой трубе), 3 в зоне конденсации, 2 в зоне транспорта (на изгибах тепловой трубы), 3 в теле радиатора в месте контакта фланца тепловой трубы с радиатором, 3 — у основания ребер и 3 — на вершине ребер.

Полученная зависимость температуры в зоне нагрева $t_{\text{зн}}$ от теплового потока Q для двух значений температуры охлаждающего воздуха в боксе показана на рис. 6. (Здесь Q — суммарный тепловой поток, подводимый к обеим зонам испарения тепловой трубы.) Задавая значение допустимой температуры в зоне нагрева, по приведенному графику можно определить мощность тепловыделения, которую при данных температуре окружающей среды и конструктивных параметрах радиатора он может рассеять в окружающее пространство. Так, при температуре 26°C температура в зоне нагрева не более 60°C может быть обеспечена при подводимой мощности 15 Вт, а температура не более 50°C — при 10 Вт.

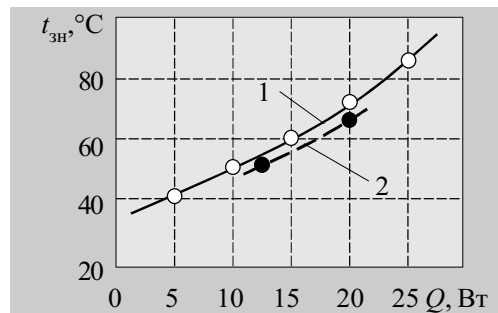


Рис. 6. Зависимость температуры в зоне нагрева от передаваемого теплового потока при температуре охлаждающего воздуха в боксе 26°C (1) и 20°C (2)

Был проанализирован относительный вклад отдельных термических сопротивлений в общий перепад температуры между зоной нагрева и воздухом. Установлено, что основной вклад в общее термическое сопротивление вносит термическое сопротивление радиатора. Данные по термическому сопротивлению тепловой трубы, полученные при температуре охлаждающего воздуха 26°C, приведены на рис. 7.

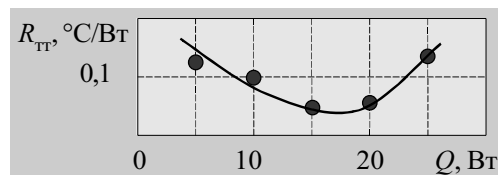


Рис. 7. Зависимость термического сопротивления тепловой трубы от передаваемого теплового потока

Значение термического сопротивления определялось как отношение разности среднего значения температуры в испарительных зонах тепловой трубы и среднего значения температуры в конденсационной зоне к суммарному передаваемому тепловому потоку. Как видно из графика, минимальное термическое сопротивление тепловой трубы соответствует тепло-

вой нагрузке в диапазоне от 15 до 20 Вт. Например, при передаваемом тепловом потоке 15 Вт перепад температуры между зонами испарения и конденсации тепловой трубы не превышает 1°C. Незначительным (менее 1°C) оказался и перепад температуры в зонах контакта тепловой трубы с нагревателями и радиатором. В то же время общий перепад температуры между зонами испарения и охлаждающим воздухом составляет 34°C.

Таким образом, перепад температуры между радиатором и окружающим воздухом составляет не менее 32°C (или 94,1% от общего перепада температуры). Поскольку основным источником общего термического сопротивления в предложенной системе охлаждения является радиатор, то усилия по дальнейшему повышению эффективности охлаждения следует направить на выбор более эффективных поверхностей теплообмена и использование наиболее рациональных конструкций радиатора.

Предложенная конструкция накопителя на жестком магнитном диске позволяет снизить акустические шумы, энергопотребление, обеспечивает герметичность и повышение надежности работы в условиях эксплуатации. В силу универсальности применения она может быть использована при конструировании перспективных электронно-вычислительных устройств.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Севериновский Е. Позаботимся об охлаждении // Компьютерное обозрение.— 2000.— № 40.— С. 36—38.
2. Гарматюк С. “Горячими” бывают не только процессоры // Там же.— 2001.— № 29.— С. 24—26.
3. Convert your fix hard drive to removable hard driver / Проспект фирмы Lian Li Industrial Co., Ltd., Taipei, Taiwan, R.O.C.— Web Site: <http://www.lian-li.com>.— P. 1—4.
4. Заявка 2002107874 на пат. України. Накопичувач інформації / Є. М. Письменний, В. Ю. Кравець, Ю. Є. Ніколаснко та ін.— 03.10 2002 р.

ВЫСТАВКИ. КОНФЕРЕНЦИИ. СИМПОЗИУМЫ

13-я Международная Крымская конференция “СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии”
8-12 сентября 2003 г., Севастополь, Украина

КрыМиКо 2003 crimiCo

Организационный комитет 13-й Международной конференции “СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии” (КрыМиКо’2003) извещает о том, что конференция состоится 8—12 сентября 2003 года в Черноморском филиале Московского государственного университета, Севастопольском национальном техническом университете и Морском гидрофизическом институте НАН Украины.

На конференции планируется работа следующих секций:

1. Твердотельные приборы и устройства СВЧ (в том числе интегрированные устройства для средств связи и локации, а также для сопряжения с оптоволоконными и цифровыми устройствами).

2. Электровакуумные и микровacuумные приборы СВЧ.

3. Системы СВЧ связи, вещания и спутниковой навигации (в том числе методики оценки эффективности сетей связи).

4. Антенны и антенные элементы (в том числе оптические технологии в антенной технике).

5. Пассивные компоненты, материалы, технология изготовления СВЧ-приборов и нанотехнология.

6. СВЧ-электроника сверхбольших мощностей и эффекты.

7. СВЧ-измерения.

8. СВЧ-техника в промышленности и на транспорте.

9. Микроволновое дистанционное зондирование и радиоастрономия.

В рамках конференции планируется проведение семинаров:

W1 — Мультисервисные сети широкополосного доступа.

W2 — Применение СВЧ-техники в медицине и экологии.

Рабочие языки конференции и семинаров — русский и английский.

Программа конференции с условиями участия и размещения будет опубликована на сайте конференции в середине июля.

Для получения более детальной информации:

тел: +380-692-424287;

+107-095-2739404

e-mail: weber@execs.com

<http://iee.orbita.ru/aps/crim03r.htm>

КрыМиКо 2003 crimiCo

September 8-12, 2003 Sebastopol, Ukraine

13th International Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology”