***Введение***

В последнее время гонка производительности настольных ПК поднялась на новый уровень. Растут тактовые частоты, вычислительные мощности, переход на многоядерную архитектуру и внедрение архитектуры х64 призвано поднять производительность ПК на новый уровень. Но существует обратная сторона медали. При увеличении тактовых частот соответствующим образом увеличивается тепловыделение электронных компонентов. Так как у электронных схем работоспособность обеспечивается при узком диапазоне температур, то увеличение тепловыделения не может происходить бесконечно. Для решения этой проблемы можно пойти несколькими путями: во-первых, внедрение новых процессорных архитектур, технологических процессов позволяет снизить тепловыделение, но при появлении старших процессоров семейства это преимущество теряется. Существует второй путь - усовершенствовать системы охлаждения процессоров. Именно в этом направлении сейчас идет большинство производителей процессоров. За последние несколько лет эволюция систем охлаждения прошла путь от радиаторов, которыми довольствовались процессоры Intel 80486 до современных систем охлаждения на основе тепловых трубок. В данном курсовом проекте рассмотрены общие принципы систем охлаждения, состав традиционных систем охлаждения. Также произведено сравнение различных систем охлаждения. Выявлены преимущества и недостатки основных современных систем, произведен их сравнительный анализ. В заключение рассматриваются современные перспективные технологии охлаждения, которые найдут место в процессорах следующего дня.

***1 Негативное влияние нагрева и меры по его устранению***

Нагрев кристалла интегральной схемы (ИС) в процессе ее функционирования - факт совершенно очевидный и неизбежный. Протекание тока в проводнике (полупроводнике) обязательно сопровождается выделением в нем тепловой мощности, и поскольку сам проводник (полупроводник) имеет вполне конечную теплопроводность, его температура оказывается выше температуры окружающей среды. Корпус микросхемы и различные внутренние защитные/изолирующие слои, которые, как правило, обладают меньшей теплопроводностью, чем проводниковые или полупроводниковые материалы, еще более усугубляют ситуацию, затрудняя теплоотвод от кристалла ИС и существенно увеличивая его температуру.

В принципе, очень высокие (или наоборот, экстремально низкие) температуры были бы совсем не страшны, если бы не четкая зависимость правильного и надежного функционирования транзисторов ИС и структуры их соединений от температурных условий. В результате рабочий температурный диапазон для "среднестатистической" ИС получается довольно узким - как правило, от -40 до 125°C. Ограничение снизу является следствием различия коэффициентов теплового расширения кремниевой подложки, изолирующих/защитных слоев, слоев металлизации и т.п. (при низких температурах возникают внутренние механические напряжения - термомеханический стресс, что оказывает влияние на электрофизические свойства ИС и может привести даже к физическому разрушению кристалла). Ограничение сверху обусловлено ухудшением частотных и электрических свойств транзисторов (уменьшение тока, понижение порогового напряжения и т.п.), а также возможностью возникновения необратимых пробойных явлений в обратносмещенных p-n-переходах. Для современных процессоров (в частности, Athlon XP и Pentium 4), отличающихся гораздо более тонкой микроструктурой и более комплексными корпусами, чем "среднестатистическая" КМОП ИС, диапазон рабочих температур оказывается еще строже - обычно от 0 до 100°C. Что ж, если процессор может более или менее нормально функционировать при температуре 100°C, то к чему тогда все эти мониторинги и термоконтроли, ведь его температура редко дотягивает до 90-95°C даже с очень слабой системой охлаждения?! На самом деле, нормальная работоспособность при высоких температурах весьма иллюзорна, поскольку в глубинах процессора имеют место не только чисто электрические явления, но и огромное количество электрохимических процессов и реакций, которые являются по своей сути термоактивационными (их скорость исключительно сильно зависит от температуры). С течением времени они принципиально могут не только затруднить корректное функционирование процессора, но и даже привести к его полному отказу, хотя рабочие температуры при этом могут находиться во вполне безопасных пределах, если смотреть с чисто электрической точки зрения. Нельзя сказать, что поголовно все эти явления оказывают пагубное воздействие на жизнедеятельность процессора - наоборот, некоторые из них могут даже улучшить электрические и частотные свойства транзисторов. Но все-таки большая часть термоактивационных процессов им на пользу явно не идет.

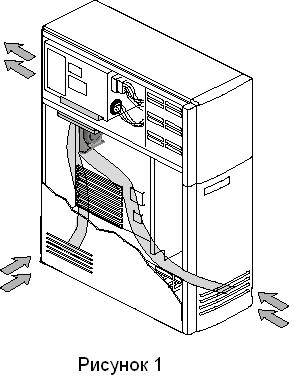
Наиболее "влиятельны" по своему вредоносному воздействию две группы таких процессов. Первая - электрохимическое разрушение металлизации (электромиграция). Под воздействием электрического поля и повышенной температуры атомы металла срываются со своих насиженных мест и мигрируют в прилегающие области. С течением времени толщина проводника может значительно уменьшиться (с резким увеличением активного сопротивления на этом участке), так что даже при относительно малом токе в условиях локального перегрева вполне вероятен обрыв (выгорание) участка дорожки и последующий за ним выход из строя группы транзисторов, функционального узла и всей ИС в целом. Несмотря на то, что 0.18-ти микрометровая технология производства процессоров Pentium 4 и Athlon XP закладывает достаточно неплохой иммунитет к электромиграции и делает этот процесс практически равновесным, обеспечивая благоприятные условия для обратной диффузии, уже при температурах 75-85°C и выше равновесие нарушается со всеми вытекающими отсюда последствиями. Вторая группа явлений - деградация окисла. Технологически невозможно обеспечить идеальную чистоту пленки двуокиси кремния, используемой в качестве диэлектрика под затвором транзисторов. В ней всегда присутствуют примеси (обычно донорного типа), которые сосредотачиваются вблизи внутренней поверхности пленки (на границе раздела между диэлектриком и кремнием). Ионы примесей способствуют образованию побочных инверсных или обогащенных слоев (паразитных каналов) у поверхности полупроводника под диэлектриком, которые оказывают влияние на обратный ток p-n-переходов и величину пробивного напряжения. Под воздействием поля (в 0.18 мкм транзисторах напряженность поля достигает 106 В/см) и градиентов температуры происходит дрейф и диффузия ионов в диэлектрике, что приводит к изменению свойств самого диэлектрика и существенным изменениям электропроводности и протяженности паразитных каналов в полупроводнике (следовательно - к нарушению нормального функционирования транзистора за счет значительных флуктуаций тока), а в самом "запущенном" случае - к пробою диэлектрика или p-n-перехода стока даже при относительно низких температурах. Ситуация еще более усугубляется из-за немалого количества дополнительных ионов, которые мигрируют в окисел из других областей транзистора (высоколегированные исток и сток, омические контакты, поликремниевый затвор), причем, опять же, это происходит под воздействием высокой температуры

***1.1 Охлаждение корпуса ПК***

Правильное охлаждение процессора, равно как и других устройств ПК возможно лишь при правильном охлаждении корпуса ПК и правильной организации воздушных потоков внутри него. В насыщенном современными компонентами компьютере иногда наблюдается своеобразный эффект домино, связанный с лавинообразным нарастанием перегрева. Предположим, что в компьютере установлены мощные процессор, видеокарта, звуковая карта, парочка высокооборотных жестких дисков. Локальное охлаждение каждого элемента вроде бы обеспечивается нормально. Но собственные вентиляторы компонентов рассчитаны на прокачку поступающего воздуха с температурой не выше 30-35 градусов. Может сложиться ситуация, когда вентилятор будет получать воздух от трудолюбивого соседа, сильно нагревающегося в процессе работы. Естественно, что начнет перегреваться охлаждаемая им микросхема, что вызовет общее повышение температуры воздуха внутри корпуса. Все вентиляторы и микросхемы будут получать горячий воздух, и далее процесс примет лавинный характер, в итоге компьютер в лучшем случае зависнет, хотя не исключен и вариант выхода из строя какого- либо элемента. Симптомами проблем с охлаждением обычно служат периодические зависания компьютера без видимых внешних причин, неожиданные отказы в работе видеокарты, жестких дисков и других компонентов с высоким энергопотреблением. Иногда компьютер отказывается работать при повышении температуры наружного воздуха (зимой – при расположении вблизи отопительных приборов). Спецификация ATX в первой редакции предусматривала пассивный радиатор на процессоре, обдуваемый вентилятором на блоке питания. С возрастанием тепловыделения процессоров на них начали устанавливать отдельные вентиляторы. Современная спецификация ATX требует специальный воздухоотвод, располагающийся напротив процессора, по которому теплый воздух удаляется за пределы корпуса ПК. Современные стандарты по конструированию корпусов компьютеров среди прочего регламентируют и способ построения системы охлаждения. Начиная ещё с систем на базе Intel Pentium II, выпуск которых был начат в 1997 году, внедряется технология охлаждения компьютера сквозным воздушным потоком, направленным от передней стенки корпуса к задней (дополнительно воздух для охлаждения всасывается через левую стенку).

Как минимум один вентилятор установлен в блоке питания компьютера (многие современные модели имеют два вентилятора, что позволяет существенно снизить скорость вращения каждого из них, а, значит, и шум при работе). В любом месте внутри корпуса компьютера можно устанавливать дополнительные вентиляторы для усиления потоков воздуха. Обязательно нужно следовать правилу: на передней и левой боковой стенке воздух нагнетается внутрь корпуса, на задней стенке горячий воздух выбрасывается наружу. Также нужно проконтролировать, чтобы поток горячего воздуха от задней стенки компьютера не попадал напрямик в воздухозабор на левой стенке компьютера (такое случается при определённых положениях системного блока относительно стен комнаты и мебели). Какие вентиляторы устанавливать, зависит в первую очередь от наличия соответствующих креплений в стенках корпуса. Шум вентилятора главным образом определяется скоростью его вращения, поэтому рекомендуется использовать медленные (тихие) модели вентиляторов. При равных установочных размерах и скорости вращения, вентиляторы на задней стенке корпуса субъективно шумят несколько меньше передних: во-первых, они находятся дальше от пользователя, во-вторых, сзади корпуса расположены почти прозрачные решётки, в то время как спереди — различные декоративные элементы. Часто шум создаётся вследствие огибания элементов передней панели воздушным потоком: если переносимый объём воздушного потока превышает некий предел, на передней панели корпуса компьютера образуются вихревые турбулентные потоки, которые создают характерный шум.

Современная схема распределения воздушных потоков внутри корпуса ПК выглядит следующим образом: Рисунок1.



Современная спецификация охлаждения корпуса ПК

***2 Обзор различных технологий охлаждения***

***2.1 Основные компоненты системы воздушного охлаждения***

Радиатор служит для распределения тепла охлаждаемого объекта (в нашем случае - ядра процессора) в окружающую среду. Он должен находиться в непосредственном физическом контакте с охлаждаемым объектом. Так как тепло от одного тела к другому передаётся через поверхность, то площадь контакта радиатора и процессора должна быть как можно большей. Сторона, которой радиатор прилегает к процессору, называется основанием или подошвой. Тепло от ядра переходит к основанию, потом распределяется по всей поверхности радиатора (причём распределение это - неравномерное) и отводится в окружающую среду. Если на радиаторе не установлен вентилятор, то процесс такого отвода тепла называется излучением. Увеличить эффективность излучения можно, если повысить площадь поверхности радиатора. Для этого они изготавливаются ребристыми: на основание устанавливаются рёбра, с которых и происходит отвод тепла в окружающую среду. Рёбра должны быть как можно более тонкими и они должны иметь как можно более лучший контакт с основанием (в идеале радиатор должен быть монолитным). Плоские радиаторы (без рёбер) получили название "распределители тепла".Чтобы радиатор эффективно рассеивал тепло, он должен обладать высокой теплопроводностью и теплоёмкостью. Физическая величина теплопроводность имеет размерность Вт/М\*К (Ватт/метр\*Кельвин), для единицы материала, так называемая удельная теплопроводность. Она определяет, с какой скоростью тепло распространяется по объёму тела. В случае если теплопроводность радиатора будет невысокой, вы получите ситуацию, когда его основание будет нагреваться сильнее, чем его рёбра. Охлаждение в этом случае будет неэффективным. У радиаторов с высокой теплопроводностью температура основания и кончика рёбер различается незначительно и тепло эффективно отводится со всей поверхности. Теплоёмкость, как известно из курса физики, определяет количество теплоты, которое необходимо сообщить телу для увеличения его температуры на 1 градус. Удельная теплоёмкость имеет размерность Дж/Кг\*К (Джоуль/Килограмм\*Кельвин). Радиатор с низкой теплоёмкостью будет иметь температуру, близкую к температуре самого процессорного ядра и ни о каком охлаждении здесь говорить не придётся. Он должен иметь высокую теплоёмкость, ведь при остывании тела на один градус оно отдаёт то же количество теплоты, которое получило при нагреве на один градус. Именно поэтому радиатор с высокой теплоёмкостью всегда будет иметь значительно меньшую температуру, чем ядро процессора. Эти две физические величины определяются материалом, используемым для изготовления радиатора.Удельные теплопроводность и теплоёмкость металлов. Идеального материала для создания радиатора не существует. Серебро имеет самую высокую теплопроводность, но это очень дорогой металл, да и теплоёмкость у него невысокая. Медь имеет чуть меньшую теплопроводность и почти в полтора раза большую теплоёмкость. Этот материал лучше всего подходит для изготовления основания радиаторов. Алюминий имеет в 1.6 раз меньшую теплопроводность, чем у меди, но в 2.29 раз большую теплоёмкость. Данный метал лучше применять для рёбер радиаторов. Золото имеет высокую теплопроводность, большую, чем у алюминия, но меньшую, чем у меди. Некоторые производители кулеров, такие как Zalman и Glacialtech сообщают о том, что их топовые модели кулеров имеют радиаторы, покрытые тонкой плёнкой золота. В этом нет смысла с точки зрения теплопроводности. Всё же толщина этой плёнки слишком мала для влияния на физические свойства радиатора. То же самое касается никеля. Никелированные радиаторы с эстетической точки зрения, конечно, более привлекательны, но не с точки зрения термических свойств. Так как идеального контакта между двумя металлами добиться очень сложно, то зачастую большую эффективность имеют радиаторы из одного материала - чисто медные или чисто алюминиевые, но это уже зависит от конкретного производителя радиаторов. Потому что, как правило, радиаторы с медным основанием и алюминиевыми рёбрами охлаждают лучше, чем чисто алюминиевые, а медные охлаждают ещё лучше.Помимо материала радиатора большое значение имеет его конструкция. Конфигурация рёбер: их высота, длина, расположение на основании рассчитываются индивидуально для каждой модели кулера. Но смысл расчетов всегда сводится к одному: воздух должен беспрепятственно и равномерно проходить по всей поверхности радиатора. Турбулентность (завихрения воздушного потока) в радиаторе, как правило, улучшает отвод тепла от рёбер и основания к воздушному потоку, но снижает скорость этого потока. Так что определённо сказать, положительно ли влияет турбулентность на охлаждение или нет применимо ко всем кулерам нельзя. Но так как в настоящее время многие производители кулеров стараются сделать поток воздуха внутри кулера более линейным (некоторые производители, например Thermaltake, даже выпускают переходники для вентиляторов, которые выравнивают поток воздуха через радиатор), можно сделать вывод, что для процессорных кулеров прямой поток лучше турбулёнтного, хотя даже в этом потоке будут сохраняться небольшие завихрения.

***2.2 Конструкция радиаторов***

Вообще, конструкция радиаторов - это тема для отдельной статьи. В рамках регламента я могу лишь рассказать о том, какими они бывают по конструкции и способу изготовления. Для современных процессоров используются радиаторы различных форм: кубические, в форме параллелепипеда, в форме цилиндра, веера, с изогнутыми гранями и сложных форм. Они могут иметь толстые рёбра (в случае, если радиатор произведён по технологии выдавливания, "Extrusion" или ковки/плавления "Forging"/"Melting"), тонкие рёбра, плоские пластинчатые рёбра, впрессованные в основание (по технологии диффузионного прессования), согнутые гармошкой из тонкой пластины, как в случае с кулерами Molex. На некоторых радиаторах вместо рёбер установлены цилиндрические или прямоугольные иглы. Как показывает практика, это самая эффективная конструкция. Компания Zalman использует для изготовления своих кулеров метод шихтовки, когда радиатор составляется из десятков пластин и стягивается бандажными скобами. Нередко в радиаторах применяются теплопроводящие трубки - герметичные сосуды из пористого материала, заполненные жидкостями с низкой температурой испарения. Такие трубки очень эффективно проводят тепло (намного лучше, чем медь или серебро) и значительно повышают эффективность охлаждения. Ведущие специалисты в области компьютерного охлаждения сегодня считают, что будущее кулеров для процессоров именно за моделями с тепловыми трубками. Вентиляторы Современный кулер для процессора невозможно представить без вентилятора. Основные показатели, характеризующие вентилятор, это: скорость воздушного потока, объём воздуха, перегоняемый им в минуту, потребляемая мощность, частота вращения лопастей и уровень шума. Скорость воздушного потока измеряется в линейных футах в минуту (LFM, Linear Feet per Minute). Зачастую скорость потока заменяется показателем давления воздуха на выходе из вентилятора. Эта величина измеряется в миллиметрах жидкости (мм.H2O). Эти два показателя, скорость и давление потока, зачастую не дают представление о производительности вентилятора, в то время, как более привычный показатель, объём перегоняемого воздуха, в полной мере оценивает эффективность. Этот показатель измеряется в кубических футах в минуту (CFM - Cubic Feet per Minute). Один кубический фут равняется приблизительно 28.3 литрам или 0.028 кубического метра, так что при желании можно перевести эту величину в метрическую систему. Так как эффективность охлаждения активного кулера во многом зависит именно от объёма воздуха, проходящего через радиатор, то CFM можно считать одной из основных величин, на которые стоит полагаться как при выборе отдельно вентилятора для компьютера, так и при выборе кулера в общем. Современные кулеры используют вентиляторы производительностью от нескольких до нескольких десятков кубических футов в минуту.Потребляемая мощность определяется двигателем, установленным в вентиляторе, и равняется потребляемому току, умноженному на рабочее напряжение вентилятора. Сейчас подавляющая часть вентиляторов для компьютерных кулеров работают на напряжении 12 Вольт. Раньше, в кулерах для видеокарт использовались вентиляторы, работающие от 7 Вольт и 5 Вольт, но сейчас, при темпах развития видеочипов, это уже нечастое явление. Обычно, рабочее напряжение вентилятора отличается от стартового. То есть, двигатель вентилятора может "завестись" и на напряжении 7 В или 9 В, а работать - на напряжении от 6 В до 15 В. Такой разброс напряжения очень важен для вентиляторов, имеющих регулировку частоты вращения лопастей. Частота вращения лопастей - так же очень важный параметр. Она определяется конструкцией вентилятора, мощностью и мощностью двигателя. Данная величина измеряется в оборотах в минуту (Об/мин. или RPM - Rotates per Minute). В настоящее время очень многие обозреватели измеряют в RPM скорость вентилятора. Это не верно, потому что скорость обычно измеряется в радианах в секунду или метрах в секунду, а обороты в секунду характеризуют именно частоту вращения. Чем быстрее вращаются лопасти вентилятора, тем большую производительность он будет иметь. К сожалению, пропорционально с частотой вращения вентилятора изменяется и уровень его шума. Уровень шума измеряется в децибелах и обычно обозначается как дБ или dB. Скажу лишь, что сейчас "бесшумными" считаются кулеры, выделяющие около 23 дБ. Кулер, работающий с громкостью 30 дБ уже может вывести из себя самого терпеливого пользователя. Вентиляторы современных кулеров имеют частоту вращения лопастей от 2 000 до 8 000 оборотов в минуту. Уже при 7 000 RPM вентилятор работает слишком громко и может вызывать раздражение у пользователей и окружающих, поэтому сегодня производители кулеров всеми средствами пытаются увеличить производительность кулера, снизив уровень его шума. Объём воздуха зависит не только от частоты вращения лопастей, но и от размеров вентилятора. Чем эти размеры больше, тем производительность будет выше. Поэтому в последнее время на смену кулерам с быстрыми 60-миллиметровыми вентиляторами, имеющими частоту вращения лопастей 6 000 - 7 000 оборотов в минуту (30-38 CFM, уровень шума - до 46.5 дБ) приходят 80-миллиметровые и 90-миллиметровые вентиляторы, лопасти которых совершают от полутора до трёх тысяч оборотов в минуту. Производительность таких вентиляторов составляет от 22 до 50 CFM, а уровень шума - от 17 до 35 дБ. Ось пропеллера в вентиляторе может устанавливаться, используя подшипники качения (ball bearing) или подшипники скольжения (sleeve bearing). Первые представляют собой как бы подушку из скользящих материалов и масла. Такие подшипники менее долговечны, они достаточно быстро изнашиваются, после чего вентилятор начинает "подвывать". Его можно смазывать, но лучше заменить. Подшипники скольжения так же, из-за своей низкой надёжности не используются в вентиляторах с высокой частотой вращения лопастей. Единственное их преимущество - низкая стоимость. Подшипники качения, это подшипники в том виде, в котором мы привыкли их видеть, с двумя радиальными кольцами, между которых расположены маленькие шарики. Эти подшипники более надёжны и чаще всего именно они используются в современных кулерах. В некоторых вентиляторах используются одновременно один подшипник качения и один подшипник скольжения. Основной характеристикой, которая имеется у подвески вентилятора - это время наработки на отказ, MTBF (Middle Time Before Failure). Так как подшипники - самая ненадёжная часть вентилятора, то именно они определяют, сколько ему проработать в компьютере. Для подшипников скольжения эта величина - 30 000 часов, для подшипников качения - 50 000 часов. Вентиляторы, использующие два оба типа подшипников, имеют среднее время наработки на отказ 40 000 часов. Сейчас стали появляться кулеры с керамическими подшипниками, которые обещают проработать от 300 000 до 500 000 часов. И хотя, может показаться, что это достаточно большое время, всё же оно не гарантировано производителем и вентилятор может выйти из строя буквально на следующий день после покупки. Вентиляторы бывают двух типов: радиальные и осевые. Осевые получили широкое распространение в силу своих небольших размеров и хорошего соотношения производительность/шум. Обычный вентилятор, с пропеллером - это осевой вентилятор, в нём поток воздуха направляется вдоль оси вращения.Радиальные вентиляторы получили название "бловеры" (от англ. Blow - дуть). В бловере воздушный поток направляется под углом 90 градусов к оси двигателя. Вместо пропеллера с лопастями в радиальных вентиляторах используются барабаны, или как их принято называть, крыльчатки. Этот тип вентиляторов требует установки двигателей с большей мощностью, бловеры имеют большие физические размеры и большую стоимость. Но, несмотря на эти, казалось бы, недостатки, радиальные вентиляторы имеют ряд преимуществ. Прежде всего, воздушный поток в них менее обладает меньшей турбулентностью, большей скоростью, а кроме того - радиальные вентиляторы лишены "мёртвой зоны".В обычных, осевых, вентиляторах двигатель расположен в центре. Иногда двигатель занимает значительную часть "активной" площади вентилятора, площади, образуемой окружностью пропеллера. Под двигателем скорость воздушного потока несравнимо ниже, чем под лопастями. Уже на некотором расстоянии скорости воздуха под вентилятором выравнивается на всей площади, но это расстояние уже может быть за пределами основания радиатора. К сожалению, как правило, "мёртвая зона" расположена над центром радиатора, в том месте, где расположено ядро процессора. Естественно, эта "мёртвая зона" негативно сказывается на охлаждении. Производители кулеров ни раз пытались решить проблему "мёртвой зоны". Компании GlacialTech и Global Win в некоторых своих кулерах располагали вентилятор не по центру радиатора, а с небольшим сдвигом, чтобы над тем местом основания кулера, где расположено ядро процессора, располагались лопасти вентилятора. Другие производители изменили конструкцию вентилятора, как бы распределив двигатель из центра вентилятора по периметру. В таких типах вентилятора четыре обмотки расположены в углах корпуса, а вокруг лопастей проходит кольцо с постоянным магнитом. Таким образом, в центре пропеллера установлена лишь ось, а площадь "мёртвой зоны" снижена в несколько раз. Всё это относится к осевым вентиляторам. В радиальных же, поток, на выходе практически равномерный, с одинаковым давлением и скоростью. Наиболее известными кулерами с радиальными вентиляторами являются модели серии AERO производства компании CoolerMaster. Современные вентиляторы, в большинстве своём, подключаются к материнским платам трёхконтактными Molex-коннекторами. В этих разъёмах два контакта используются для питания, а ещё один - для того, чтобы передавать материнской плате данные со встроенного тахометра вентилятора. Но материнские платы имеют ограничения по мощности, которую они могут подать на вентилятор, и если подключить к системной плате мощный кулер, она может запросто сгореть. Когда эта проблема появилась, производители дорогих мощных кулеров (с потребляемой мощностью более 4 Вт) стали продавать свои охладители с вентиляторами, имеющими четырёхконтактные разъёмы питания PCPlug (как у жёсткого диска или привода CD-ROM). Таким образом, вентилятор подключался непосредственно к блоку питания и опасности для материнской платы не представлял. Но очень многие системные платы и компьютеры в целом имеют защиту от перегрева процессоров, в том числе и от остановки вентилятора. Подключение по PCPlug не давало возможности сообщать материнской плате информацию о частоте вращения лопастей, а питание мощных кулеров от материнской платы опасно для самой платы. Сегодня многие производители делают комбинированное питание - два разъёма Molex и один разъём PCPlug. Питание осуществляется по одному из разъёмов - от материнской платы или блока питания. Во втором случае к системной плате подключается Molex-разъём всего с одним проводком, по которому передаются данные о частоте вращения пропеллера. В итоге и кулер может работать без опасности повреждения платы и сигнализация аппаратного мониторинга остаётся активной.

***2.3******Термическое сопротивление системы охлаждения***

Выше мы говорили о составляющих компьютерных кулеров, но теперь пришло время поговорить и об устройстве в целом. Мы уже говорили о величинах, характеризующих радиаторы и вентиляторы. Как правило, производители компьютерных охлаждающих устройств указывают эти характеристики, но имея в продуктовой линейке одни и те же кулеры, различающиеся всего лишь моделями вентиляторов или с одинаковыми вентиляторами, но разными радиаторами, появляется необходимость в одной характеристике для всего охлаждающего устройства. Эта характеристика - термическое сопротивление. Оно измеряется в Цельсиях на Ватт (C/W) и определяет, насколько поднимется температура процессора при увеличении его тепловыделения на один Ватт. Чем ниже термическое сопротивление, тем лучше. Чтобы посчитать термическое сопротивление кулера, надо вычесть из температуры ядра процессора температуру воздуха над вентилятором и разделить эту разность на мощность процессора. Для современных кулеров обычное термическое сопротивление - 0.38 C/W. Но дело в том, что не все производители кулеров честно указывают термическое сопротивление. Пример тому - компания Molex, рекламирующая низкое термосопротивление своих охладителей, но на деле оказывается, что эта величина далека от реальной. Поэтому я рекомендую смотреть на другие характеристики кулеров - производительность и уровень шума вентиляторов и тип радиатора. Тепловой интерфейс**.** Мы уже разобрались, что тепло от одного тела к другому передаётся через поверхность соприкосновения. Соответственно, чем больше площадь этой поверхности, тем выше будет эффективность работы кулера. Но, к сожалению, идеально гладких поверхностей не имеет ни основание радиатора, ни ядро процессора. Небольшие шероховатости, углубления и царапины при соприкосновении образуют воздушные подушки, а воздух имеет очень малую теплопроводность. Чтобы улучшить тепловой контакт, применяют различные тепловые интерфейсы - термопасты или прокладки. Эти интерфейсы имеют высокую теплопроводность и при контакте заполняют собой неровности поверхности, избавляя, таким образом, поверхности от воздушных подушек. Контакт радиатора и процессора без теплового интерфейса. Теплопроводящие прокладки обычно создаются из полимерных материалов или из графитовой пыли. Последние чаще всего использовались в кулерах, поставляющихся с процессорами Intel. Материал полимерных прокладок обладает свойством изменять своё состояние, проще говоря, при нагреве он разжижается и заполняет собой воздушные подушки. Термопрокладки чаще всего уже нанесены на поверхность основания радиатора. Сейчас всё чаще полимерные прокладки заменяются термопастами. Паста так же может быть нанесена на поверхность радиатора или может поставляться в пакетиках, тюбиках или шприцах. Контакт радиатора и процессора с тепловым интерфейсом. Термопасты могут производиться на основе различных материалов с разной теплопроводностью. На сегодняшний день известны кремниевая, бескремниевая, керамическая, алюминиевая, медная, серебряная и золотая термопаста. Название говорит о материале, используемом в термопасте. Для теплопроводящей пасты существуют две характеристики, определяющие качество теплового интерфейса: это - теплопроводность и средний размер зерна. Так как пасты создаются на основе измельчённой пыли того или иного материала, то величина зерна и есть средний размер одной пылинки. Чем меньше этот размер, тем лучше паста будет заполнять собой все неровности поверхности радиатора. Хорошим тепловым интерфейсом считается паста с зерном 0.38 мкм и теплопроводностью 8 Вт/м\*K. Контакт радиатора и процессора с тепловым интерфейсом, имеющим мелкую зернистость. Кстати, многие, наверное, задавались вопросом, почему термопасты на основе таких материалов, как алюминий, медь, серебро или золото, не вызывают короткого замыкания на процессоре, ведь эти металлы являются отличными проводниками электрического тока. Всё дело в том, что термопаста - это вещество со сложным химическим составом. Процент указанного на ней металла может быть, в серебряной пасте, например, может быть от 1% до 75% серебра. Остальное - вещества с очень высокими электроизоляционными свойствами. Так что, конечно, не стоит допускать того, чтобы паста попадала на электрические контакты, но даже если это случится, едва ли она вызовет короткое замыкание. Сегодня такие известные производители кулеров, как Titan и другие менее известные поставляют свои кулеры, укомплектованные шприцами с серебряной термопастой. Точнее сказать, с термопастой на серебряной основе. Дело в том, что не каждая серебристая термопаста сделана на основе этого металла. К примеру, Titan под маркой "Silver Grease" продаёт пасту на основе оксида серебра. В этой пасте менее 10% металла. Конечно, её не сравнить с пастой "Arctic Silver" от одноимённого производителя, имеющей в своём составе до 80% серебряной пыли чистотой 99.9%. Однако, два грамма такой пасты стоят как самый дорогой воздушный кулер Titan.. Несмотря на то, что это достаточно дорогой тепловой интерфейс, стоимость свою она оправдывает. Хорошая термопаста всегда сохраняет свою текучесть: она никогда не ссыхается, не расползается и не вытекает.

***3 Альтернативные способы и технологии охлаждения***

***3.1 Элементы Пельтье***

Несмотря на то, что параметры традиционных кулеров непрерывно улучшаются, в последнее время на компьютерном рынке появились и специальные средства охлаждения электронных элементов, основанные на термоэлектрических эффектах в полупроводниках. В частности, по мнению специалистов, полупроводниковые термоэлектрические модули, охлаждающие свойства которых основаны на эффекте Пельтье, чрезвычайно перспективны для создания необходимых условий эксплуатации компьютерных компонентов. Кстати, подобные средства уже много лет успешно применяются в различных областях науки и техники. Так, в 60-70-х годах прошлого века отечественная промышленность предпринимала неоднократные попытки выпуска бытовых малогабаритных холодильников на основе эффекта Пельтье. Однако несовершенство технологий того времени, низкие значения кпд и высокие цены не позволили подобным устройствам покинуть научно-исследовательские лаборатории и испытательные стенды. Тем не менее, в процессе совершенствования технологий многие негативные явления удалось существенно ослабить, и в результате этих усилий были созданы высокоэффективные и надежные полупроводниковые модули. В последние годы такие модули, работа которых основана на эффекте Пельтье, стали активно использовать для охлаждения разнообразных электронных компонентов компьютеров. В частности, их стали применять для охлаждения высокопроизводительных процессоров с высоким уровнем теплообразования. Благодаря своим тепловым и эксплуатационным свойствам устройства, созданные на основе термоэлектрических модулей (модулей Пельтье), позволяют достичь необходимого уровня охлаждения компьютерных элементов без особых технических трудностей и финансовых затрат. В качестве кулеров электронных компонентов такие средства чрезвычайно перспективны: они компактны, удобны, надежны и обладают очень высокой эффективностью. Особенно большой интерес полупроводниковые кулеры представляют в качестве средств, обеспечивающих интенсивное охлаждение в компьютерных системах, элементы которых установлены и эксплуатируются в жестких форсированных режимах. Использование таких режимов разгона (overclocking) часто обеспечивает значительный прирост производительности электронных компонентов, а следовательно, и всей системы. Однако работа в подобных режимах сопровождается значительным тепловыделением и нередко находится на пределе возможностей компьютерных архитектур и микроэлектронных технологий. Необходимо отметить, что высоким тепловыделением сопровождается работа не только процессоров, но и современных высокопроизводительных видеоадаптеров, а в некоторых случаях и модулей памяти. Эти мощные элементы требуют для корректной работы интенсивного охлаждения даже в штатных режимах и тем более в режимах разгона.

***3.1.1 Эффект Пельтье***

В кулерах Пельтье используется так называемый термоэлектрический холодильник, действие которого основано на эффекте Пельтье. Данный эффект назван в честь французского часовщика Пельтье (1785-1845), сделавшего свое открытие более полутора столетий назад - в 1834 г. В экспериментах Пельтье было установлено, что при прохождении электрического тока через контакт двух проводников, сделанных из различных материалов, помимо традиционного джоулева тепла, выделяется или поглощается (в зависимости от направления тока) дополнительное тепло. Количество выделяемой или поглощаемой теплоты пропорционально силе тока. Это явление было названо явлением Пельтье, а дополнительное тепло получило название тепла Пельтье. Степень проявления данного эффекта в значительной мере зависит от материалов выбранных проводников и используемых электрических режимов. Описанный эффект по своей сути обратен ранее открытому явлению Зеебека, наблюдаемому в замкнутой электрической цепи, состоящей из разнородных металлов или полупроводников. Если температуры в местах контактов металлов или полупроводников различаются, то в цепи появляется электрический ток. Это явление термоэлектрического тока и было открыто в 1821 г. немецким физиком Зеебеком (1770-1831). Классическая теория объясняет явление Пельтье тем, что электроны, переносимые током из одного металла в другой, ускоряются или замедляются под действием внутренней контактной разности потенциалов между металлами. В первом случае кинетическая энергия электронов увеличивается и выделяется в виде тепла. Во втором случае кинетическая энергия электронов уменьшается, и эта убыль энергии пополняется за счет тепловых колебаний атомов второго проводника, в результате чего происходит охлаждение. Более полная теория учитывает изменение не потенциальной энергии при переносе электрона из одного металла в другой, а полной энергии. Эффект Пельтье, как и многие термоэлектрические явления, особенно сильно выражен в цепях, составленных из полупроводников с электронной (n-тип) и дырочной проводимостью (p-тип). Такие полупроводники, как известно, называются соответственно полупроводниками n- и p-типа. Рассмотрим термоэлектрические процессы, происходящие при контакте таких полупроводников. Допустим, направление электрического поля таково, что электроны в электронном и дырки в дырочном полупроводнике будут двигаться навстречу друг другу. Электрон из свободной зоны полупроводника n-типа после прохождения через границу раздела попадает в заполненную зону полупроводника p-типа и там рекомбинирует с дыркой. В результате рекомбинации высвобождается энергия, которая выделяется в контакте в виде тепла (рисунок 2).

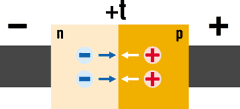


Рисунок 2. Выделение тепла Пельтье в контакте

полупроводников n- и p-типа.

При изменении направления электрического поля на противоположное электроны и дырки в полупроводниках соответствующего типа будут двигаться в противоположные стороны. Дырки, уходящие от границы раздела, будут пополняться в результате образования новых пар при переходах электронов из заполненной зоны полупроводника p-типа в свободную. На образование таких пар требуется энергия, которая поставляется тепловыми колебаниями атомов решетки. Электроны и дырки, образующиеся при рождении таких пар, увлекаются электрическим полем в противоположные стороны. Поэтому пока через контакт идет ток, непрерывно происходит рождение новых пар, и в результате в контакте поглощается тепло (рисунок 3).

Рисунок 3. Поглощение тепла Пельтье в контакте

полупроводников n- и p-типа.

***3.1.2 Модули Пельтье***

Объединение большого количества пар полупроводников p- и n-типа позволяет создавать охлаждающие элементы - термоэлектрические модули, или, как их еще называют, модули Пельтье, сравнительно большой мощности. Структура полупроводникового термоэлектрического модуля Пельтье представлена на Рисунке 4.

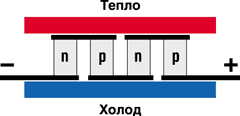


Рисунок 4. Использование полупроводников p- и n-типа в термоэлектрических модулях.

Модуль Пельтье - это термоэлектрический холодильник, состоящий из последовательно соединенных полупроводников p- и n-типа, образующих p-n- и n-p-переходы. Каждый из таких переходов имеет тепловой контакт с одним из двух радиаторов. В результате прохождения электрического тока определенной полярности образуется перепад температур между радиаторами модуля Пельтье: один радиатор работает как холодильник, другой нагревается и служит для отвода тепла. Помещенный холодной стороной на поверхность защищаемого им объекта термоэлектрический модуль, основанный на эффекте Пельтье, по сути выступает как тепловой насос, перекачивая тепло от этого объекта на горячую сторону модуля, охлаждаемую воздушным или водяным кулером. Как любой тепловой насос, он описывается формулами термодинамики. Поэтому модули Пельтье можно назвать не только термоэлектрическими, но и термодинамическими модулями. На рисунке 5 представлен внешний вид типового полупроводникового термоэлектрического модуля Пельтье.

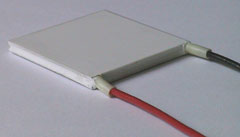


Рисунок 5. Полупроводниковый термоэлектрический модуль Пельтье.

Типичный модуль обеспечивает значительный температурный перепад - в несколько десятков градусов. При соответствующем принудительном охлаждении нагревающегося радиатора второй радиатор (холодильник) позволяет достичь отрицательных значений температур. Для увеличения разности температур возможно каскадное включение термоэлектрических модулей Пельтье (при условии адекватного их охлаждения). Это позволяет сравнительно простыми, дешевыми и надежными средствами получить значительный перепад температур и обеспечить эффективное охлаждение защищаемых элементов.

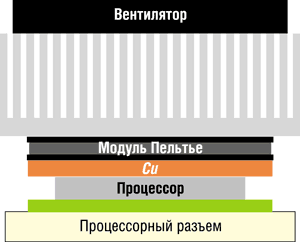


Рисунок. 6. Конструкция кулера с модулем Пельтье.

Устройства охлаждения на основе модулей Пельтье часто называют активными термоэлектрическими кулерами, или активными кулерами Пельтье, или просто кулерами Пельтье. Такой кулер обычно состоит из термоэлектрического модуля, выполняющего функции теплового насоса, и понижающих температуру горячей стороны радиатора и охлаждающего вентилятора. На рис. 6 представлена схема активного кулера, в составе которого использован полупроводниковый термоэлектрический модуль. Использование термоэлектрических модулей Пельтье в активных кулерах делает их существенно более эффективными по сравнению со стандартными кулерами на основе традиционных радиаторов и вентиляторов. Однако в процессе конструирования и использования кулеров с модулями Пельтье необходимо учитывать ряд специфических особенностей, вытекающих из конструкции модулей, их принципа работы, архитектуры аппаратных средств компьютеров. Большое значение имеет мощность модуля Пельтье, которая, как правило, зависит от его размера и от числа и параметров используемых в нем пар полупроводников p- и n-типа. Модуль малой мощности не способен обеспечить необходимый уровень охлаждения, что приводит к нарушению работоспособности электронного элемента, например, процессора, из-за перегрева. Однако применение модулей слишком большой мощности может понизить температуру охлаждающего радиатора до уровня конденсации влаги из воздуха, что может привести к коротким замыканиям в электронных цепях компьютера. Здесь уместно напомнить, что расстояние между проводниками на современных печатных платах нередко составляет доли миллиметров. Тем не менее именно мощные модули Пельтье в составе высокопроизводительных кулеров и соответствующие системы дополнительного охлаждения и вентиляции позволили в свое время фирмам KryoTech и AMD в совместных исследованиях разогнать процессоры AMD, созданные по традиционной технологии, до частоты, превышающей 1 ГГц, т. е. увеличить их частоту почти в два раза по сравнению со штатным режимом. Необходимо еще подчеркнуть, что данный уровень производительности был достигнут в условиях достаточной стабильности и надежности работы процессоров в форсированных режимах. Следствием же такого экстремального разгона стал рекорд производительности среди процессоров архитектуры и системы команд 80х86. Заметим здесь, что фирма KryoTech прославилась не только своими экспериментами с экстремальным разгоном процессоров. Широкую известность получили ее установки глубокого охлаждения компьютерных компонентов. Снабженные соответствующей электронной начинкой, они оказались востребованными в составе платформ высокопроизводительных серверов и рабочих станций. A компания AMD получила подтверждение высокого уровня своих изделий и богатый экспериментальный материал для дальнейшего совершенствования архитектуры процессоров. К слову сказать, аналогичные исследования проводились также с процессорами корпорации Intel, и в них был зафиксирован значительный прирост производительности.

***3.1.3 Особенности эксплуатации модулей Пельтье***

Полупроводниковые термоэлектрические модули Пельтье, применяемые в средствах охлаждения электронных элементов, отличаются сравнительно высокой надежностью. В отличие от холодильников, созданных по традиционной технологии, они не имеют движущихся частей. Как отмечалось выше, для увеличения эффективности допускается каскадное включение модулей Пельтье, что позволяет довести температуру корпусов электронных элементов до отрицательных значений даже при значительной мощности рассеяния. Однако, кроме очевидных преимуществ, модули Пельтье обладают и рядом специфических свойств, которые необходимо учитывать при их использовании в составе охлаждающих средств. Ниже мы рассмотрим важнейшие особенности эксплуатации этих модулей. Термоэлектрические модули отличаются относительно низким холодильным коэффициентом и, выполняя функции теплового насоса, сами становятся мощными источниками тепла. Использование их в составе средств охлаждения вызывает значительный рост температуры внутри системного блока, создавая трудности для работы не только защищаемых элементов и их систем охлаждения, но и для остальных компонентов компьютера. Это означает, что требуются дополнительные средства для снижения температуры, в частности, радиаторы и вентиляторы в конструктиве корпуса, улучшающие теплообмен с окружающей средой. Наиболее подходящее решение из воздушных средств охлаждения - технология теплового выхлопа, например, конструкции типа OTES (Outside Thermal Exhaust System) от Abit. С другой стороны, в процессе работы кулеров Пельтье избыточной мощности устанавливаются низкие температуры, способствующие конденсации влаги из воздуха. Это представляет опасность для электронных компонентов, так как конденсат может вызвать короткие замыкания между элементами. Чтобы избежать этого, нужно подбирать кулеры Пельтье оптимальной мощности. Произойдет конденсация или нет, зависит от нескольких параметров, из которых наибольшее значение имеют температура окружающей среды (в данном случае воздуха внутри корпуса), температура охлаждаемого объекта и влажность воздуха. Чем теплее воздух внутри корпуса и чем больше его влажность, тем вероятнее конденсация влаги. Модули Пельтье также создают сравнительно большую дополнительную нагрузку на блок питания компьютера - учитывая значения потребляемого ими тока, мощность блока питания должна быть не менее 300 Вт. В такой ситуации целесообразно выбирать системные платы и корпуса конструктива ATX, облегчающего организацию оптимальных теплового и электрического режимов, с блоками питания достаточной мощности. В случае выхода из строя модуль Пельтье изолирует охлаждаемый элемент от радиатора кулера. Это очень быстро приводит к нарушению теплового режима защищаемого элемента и его перегреву. Поэтому целесообразно использовать качественные модули от известных производителей. Такие модули обладают высокой надежностью, ресурс их работы нередко превышает 1 млн. ч

***3.1.4 Эффективность использования модулей Пельтье***

Эффективность использования модулей Пельтье зависит от выбора подходящей модели и установки соответствующих режимов ее эксплуатации. Необходимо отметить, что неоптимальные мощность и режим работы кулера могут даже привести к выходу из строя охлаждаемых компонентов. Средства охлаждения, представленные, как правило, радиатором и вентилятором, должны не только рассеивать довольно мощный тепловой поток, но и обеспечивать низкий уровень температуры горячей стороны модуля Пельтье. Связано это с тем, что модуль обеспечивает разность температур горячей и холодной своих сторон, поэтому чем ниже будет температура горячей его стороны (за счет охлаждающих средств), тем ниже окажется и температура холодной стороны, а, следовательно, и прилегающей поверхности охлаждаемого объекта. Если традиционные устройства поддержания тепловых режимов не обладают необходимыми параметрами, решением может стать использование средств водяного охлаждения. Кстати, следует обратить внимание, что, выбирая подходящий по мощности хладообразования модуль Пельтье, необходимо задействовать всю поверхность горячей и холодной сторон. В противном случае части модуля, не соприкасающиеся с поверхностью защищаемого объекта, например, кристалла процессора, будут только впустую расходовать электроэнергию и выделять тепло. Если же площадь, например, холодной стороны модуля, сделанной из керамики, превышает площадь контакта с охлаждаемым объектом, то следует применять промежуточные теплопроводящие пластины достаточных размеров и толщины. Промежуточная пластина должна быть сделана из материала с хорошей теплопроводностью, например, из меди К сожалению, описанным выше не исчерпываются все проблемы применения модулей Пельтье в составе кулеров. Дело в том, что архитектура современных процессоров и некоторые системные программы предусматривают изменение энергопотребления в зависимости от загрузки процессоров. Кстати, это предусмотрено и стандартами энергосбережения, которые поддерживаются специальными функциями, встроенными в аппаратно-программное обеспечение современных компьютеров. В обычных условиях оптимизация работы процессора и его энергопотребления благотворно сказывается как на тепловом режиме самого процессора, так и на общем тепловом балансе. Однако режимы с периодическим изменением энергопотребления могут плохо сочетаться со средствами охлаждения процессоров, использующими модули Пельтье. Это связано с тем, что кулеры Пельтье, как правило, рассчитаны на непрерывную работу. В случае же перехода процессора в режим пониженного энергопотребления (и соответственно тепловыделения) температуры корпуса и кристалла процессора могут заметно снизиться. Переохлаждение ядра процессора способно вызвать временную потерю его работоспособности и стойкое "зависание" компьютера. Напомним, что в соответствии с документацией корпорации Intel минимальная температура, при которой гарантируется корректная работа серийных процессоров для настольных и серверных решений, обычно составляет +5 град.С (хотя, как показывает практика, они прекрасно работают и при более низких температурах). Кроме того, как отмечалось выше, низкие температуры могут вызвать конденсацию влаги из воздуха на холодных частях системы охлаждения, т. е. на холодной стороне модуля Пельтье, а, следовательно, и на охлаждаемой поверхности, например, процессора. Если используется теплопроводящая пластина, вода конденсируется и на ней. Бороться с этим эффектом можно путем изоляции от воздуха холодных участков системы охлаждения, например, с помощью специальных колец из губчатой резины. Именно такой способ выбрали некоторые производители серийных кулеров, созданных на основе термоэлектрических модулей. Некоторые проблемы могут возникнуть и в результате работы ряда встроенных функций, например, управляющих вентиляторами кулеров. В частности, режимы управления энергопотреблением процессора в некоторых системах предусматривают изменение скорости вращения охлаждающих вентиляторов через встроенные аппаратные средства системной платы. В обычных условиях это значительно улучшает тепловой режим процессора, однако при использовании простейших активных кулеров, в конструкции которых не предусмотрены температурные датчики и средства контроля, уменьшение скорости вращения может привести к ухудшению теплового режима с фатальным результатом для процессора (из-за его перегрева работающим модулем Пельтье). Однако в случае графических процессоров кулеры Пельтье могут быть хорошей альтернативой традиционным средствам охлаждения. Работа таких процессоров сопровождается значительным тепловыделением, а режим их функционирования обычно не подвержен резким изменениям. Чтобы исключить проблемы с режимами изменяемого энергопотребления, вызывающими конденсацию влаги и возможное переохлаждение, а в некоторых случаях даже перегрев защищаемых элементов, придется отказаться от использования подобных режимов и ряда встроенных функций. Однако как альтернативу можно использовать системы охлаждения, предусматривающие интеллектуальные средства управления кулерами Пельтье. Такие средства могут не только контролировать работу вентиляторов, но и изменять режимы работы самих термоэлектрических модулей, используемых в составе активных кулеров. В простейшем случае это может быть миниатюрное термореле на основе биметаллической пластины, укрепленное на модуле Пельтье и управляющее работой его охлаждающего вентилятора. Работы, направленные на совершенствование систем обеспечения оптимальных температурных режимов электронных элементов, ведут сегодня многие исследовательские лаборатории. Сравнительно недавно в технической прессе появились сообщения об экспериментах по встраиванию миниатюрных термоэлектрических модулей непосредственно в микросхемы процессоров для охлаждения наиболее критичных их структур. Такое решение способствует лучшему охлаждению за счет снижения теплового сопротивления и позволяет значительно повысить рабочую частоту и производительность процессоров. О серьезности намерений разработчиков свидетельствуют соответствующие патенты, часть которых принадлежит производителям процессоров, например, AMD.

***3.2*** ***Системы водяного охлаждения.***

***3.2.1 Компоненты системы водяного охлаждения.***

В составе классической СВО должны быть следующие компоненты: водоблок, радиатор, помпа, резервуар, теплоноситель. Не забудем также о штуцерах каждого из узлов и соединительных шлангах. Водоблоки отбирают тепло от греющихся компонентов ПК, передавая их энергию жидкости в контуре СВО. Существуют модели, предназначенные для охлаждения процессоров, чипсетов, графических чипов (или же видеокарт в целом), модулей памяти, винчестеров. При выборе теплосъемника следует обратить внимание на металл основания (желательна медь), универсальность крепления. Некоторые экземпляры могут быть использованы для охлаждения любого из таких компонентов – чипсета, GPU, CPU. Предпочтение нужно отдавать моделям с развитой внутренней структурой (большое количество штырьков или тонких ребер), хотя нелишним будет ознакомиться со сравнительными тестами кандидатов на покупку. Производством водоблоков занимаются как компании с мировым именем – Asetek, Alphacool, Swiftech, Thermaltake и др., так и отдельные фирмы/энтузиасты (у нас хорошо известны ProModz, Silentchill, Waterworker). Детища ведущих изготовителей зачастую демонстрируют более высокую эффективность, чем их конкуренты, хотя бывают и исключения. Обратите внимание: разница в цене между первыми и последними далеко не всегда соответствует возможному выигрышу в производительности. Радиатор рассеивает тепловую энергию, накопленную жидкостью при прохождении сквозь водоблоки. Чем больше площадь его ребер – тем выше запас прочности отдельной системы. Эффективность радиатора во многом зависит от наличия его дополнительного обдува. В компьютерах преимущественно используются модели под один, два или три 120-миллиметровых вентилятора, хотя встречаются и другие. Нередки примеры применения автомобильных (от так называемых «печек») и даже нескольких ребер радиаторов комнатного отопления. Зачастую для эффективного охлаждения СВО одного компонента системного блока достаточно иметь в контуре медный теплорассеиватель под один вентилятор, если же TDP комплектующих велико и/или планируется охлаждать несколько устройств одновременно, лучше запастись более габаритными моделями. Помпа предназначена для прокачки жидкости в контуре СО. Основные их типы – погружные (способны работать только при полном погружении в теплоноситель), внешние и универсальные. Существуют как модели, питающиеся от 12-вольтовой линии компьютерного БП, так и устройства, рассчитанные на подключение в сеть ~220 В.Основные характеристики помп – объем перекачиваемой жидкости (измеряется в литрах за час работы) и максимальная высота подъемного столба. Чем больше эти показатели, тем эффективнее будет СВО. Достаточной для среднестатистической системы является помпа, способная реально прокачать 400–600 литров жидкости за час. Модели помощнее часто имеют повышенный уровень шума и собственного тепловыделения, внося и свою лепту в нагрев теплоносителя, поэтому при выборе следует соблюдать баланс характеристик. Отметим, что мощность дешевых помп от малоизвестных производителей зачастую существенно ниже заявленной, поэтому покупать следует продукты именитых брендов – Aquacomputer, Eheim, Hydor, Swiftech. Резервуар (расширительный бачок) служит для удобства заправки системы и устранения воздушных пробок в контуре СВО. В принципе можно обойтись и без данного узла, но тогда придется хорошо повозиться во время сборки и запуска «водянки». Рабочая жидкость (теплоноситель) передает энергию от водоблоков к радиатору СВО. Зачастую в домашних системах используется дистиллированная вода или специальные смеси на ее основе с добавлением антикоррозионных присадок и УФ-красителей. Можно применить обычную воду из крана, предварительно прокипятив и охладив ее. Для предотвращения размножения в жидкости микроорганизмов в контур добавляют обычный спирт. Штуцеры служат для соединения компонентов между собой. При построении СВО нужно использовать только такие, которые имеют одинаковый внешний диаметр – тогда не возникнет проблем со шлангами. Помните, что слишком тонкие штуцеры увеличивают гидросопротивление контура, снижая эффективность охлаждения. Существуют три основных вида штуцеров – с насечкой или гладкие без фиксаторов, с зажимными гайками и так называемые push-on, которые не требуют дополнительных приспособлений для надежной фиксации шлангов. Соединительные шланги могут быть нескольких типов – силиконовые, ПВХ и армированные. Первые наиболее удобны, хорошо гнутся, не перегибаются, но дороги. Поливинилхлоридные (ПВХ) шланги, предназначенные для использования в пищевой промышленности, наиболее доступны рядовому энтузиасту. Они хорошо гнутся, однако при сборке СВО нужно проявлять максимальную осторожность, не допуская заломов. Третий тип – армированные – применяются в сантехнике. Их чрезмерная жесткость способна вызвать перекос водоблоков при монтаже в системе и течи при использовании некачественных зажимных хомутиков. Для надежной фиксации и устранения возможных протеканий системы внутренний диаметр соединительных трубок должен быть на 1–2 мм меньше, чем внешний – штуцеров. Помпа СВО развивает сравнительно невысокое давление, и если шланг надежно фиксируется без вспомогательных средств, то дополнительные зажимы и не понадобятся.

***Заключение***

На сегодняшний день не существует проблемы охлаждения, как таковой, а существует проблема отъема и переноса тепла от поверхности процессора в окружающую среду. К системам охлаждения предъявляются высокие и порой взаимоисключающие требования: они должны быть эффективными, бесшумными, недорогими. Сегодня существует несколько видов систем охлаждения: классическое воздушное охлаждение, системы водяного охлаждения, системы для экстремального охлаждения при разгоне на жидком азоте, системы охлаждения на тепловых трубках и элементах Пельтье. Эффективность, доступность и низкая цена систем воздушного охлаждения – это их основные достоинства, к недостаткам относятся относительно низкая надежность и высокий уровень шума по сравнению с другими системами. Системы водяного охлаждения – более дорогой и эффективный вариант, который применяется в системах с большим тепловыделением или более высокими требованиями к уровню шума системы. Системы охлаждения на жидком азоте не находят широкого применения в связи с их сложностью эксплуатации. В основном они применяются при выяснении частотного потенциала процессоров оверклокерами которые стремятся раскрыть частотный потенциал процессора, несмотря на низкую стабильность работы. Системы охлаждения на элементах Пельтье применяются в особо ответственных случаях, так как они достаточно дороги и необходимо подбирать их к каждой конкретной модели процессора. Системы охлаждения на тепловых трубках получают все большее применение в связи с удешевлением производства тепловых трубок и роста их доступности для рядового потребителя.

***Список используемой литературы***

1. Мураховский В. И. Железо ПК. Новые возможности. СПб.: Питер, 2005.

2 Мир ПК 08 2005 микропроцессоры сегодня и завтра.

3. www.overclockers.ru. – Intel Core 2 Duo Conroe – особенности разгона.

4. www.ferra.ru. – Процессоры Intel Core 2 Duo Conroe.

5. www.ixbt.com. – Обзор архитектуры Core