

Эффективность жидкостного охлаждения центрального процессора персонального компьютера

01, январь 2015

Киц В. П., Новиков А. А., Пахомова С. А.

УДК: 681.3.001.68

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

vladisl-2013@yandex.ru

Введение

Системы водяного охлаждения (СВО) для персональных компьютеров (ПК) появились в начале двадцать первого века. При разработке водяного охлаждения стояла задача борьбы с теплом и шумом одновременно: пользователям ПК требовалась максимальная производительность охлаждения при сравнительной тишине, ведь многовентиляторные устройства создают невыносимый шум. Тогда-то и вспомнили о высоких теплопроводных свойствах воды [1, 2].

В первых СВО были использованы конструкции автомобильных радиаторов, аквариумных помп и самодельных водоблоков и резервуаров. До сих пор такой подход к водяному охлаждению продолжает существовать и активно обсуждаться на специализированных форумах. Тем не менее, вот уже несколько лет производятся серийные устройства в области жидкостного охлаждения компьютеров. Десятки производителей предлагают как полностью готовые системы от бюджетного уровня до hi-end, так и различные компоненты (водяные блоки, помпы, радиаторы и т.п.) отдельно, komponуя которые можно собрать СВО, идеально удовлетворяющую требованиям владельца. Давно перестало быть новостью водяное охлаждения графического ядра или чипсета материнской платы, а некоторые компании предлагают таким же образом охлаждать и жесткие диски, и блоки питания, для чего выпускаются соответствующие наборы.

Основной целью данной работы было исследование возможности повышения эффективности СВО путем применения деформирующего резания для изготовления деталей водоблока [3].

1. Объект исследования – система жидкостного охлаждения ПК

Структурная схема системы жидкостного охлаждения показана на рис. 1.

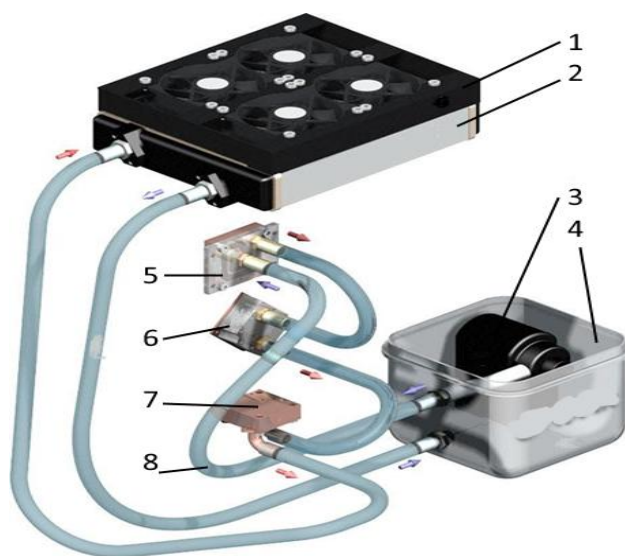


Рис. 1. Схема системы жидкостного охлаждения ПК: 1 – блок вентиляторов; 2 – радиатор; 3 – водяная помпа; 4 – расширительный бачок; 5 – водоблок процессора; 6 – водоблок чипсета; 7 – водоблок видеокарты; 8 – соединительные шланги

Блок вентиляторов охлаждает радиатор с нагретым теплоносителем. Водяная помпа создаёт поток теплоносителя в контуре СВО. Помпа находится в расширительном бачке (бывают и внешние варианты с непогруженными помпами) для снижения давления жидкости внутри контура. При нагреве жидкость расширяется и увеличивается в объёме. Цель расширительного бачка заключается в переводе теплового расширения жидкости в тепловое расширение воздуха в расширительном бачке. Водяная помпа нагнетает поток жидкости из расширительного бачка в водоблоки процессора, чипсета и видеокарты. Все элементы соединены шлангами. Нагретый теплоноситель поступает в радиатор.

В настоящей работе основное внимание было уделено усовершенствованию водоблока.

2. Основные показатели водоблоков и обсуждение результатов их исследования

2.1 Внутренняя структура водоблока

Водоблок с внутренними ребрами (рис. 2, *a*) имеет следующие преимущества: простота изготовления, низкое гидродинамическое сопротивление, массивность конструкции увеличивает инертность водоблока при резком перепаде нагрузки. Недостатки конструкции: невысокая эффективность, небольшая площадь съёма тепла.

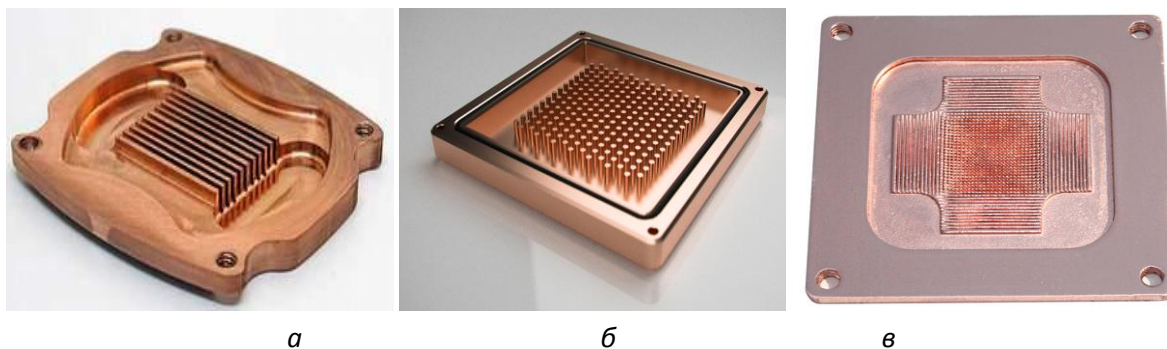


Рис. 2. Водоблоки различной конструкции: *а* – с внутренними ребрами; *б* – с игольчатой формой; *в* – с микроканальной конструкцией

Водоблок игольчатой конструкции (рис. 2, *б*) имеет следующие преимущества: высокая эффективность, невысокое гидродинамическое сопротивление, большая площадь съема тепла. Недостатки подобной конструкции: сложность в изготовлении и относительно невысокая инертность водоблока при резком перепаде нагрузки.

Водоблок микроканальной конструкции (рис. 2, *в*) обладает следующими достоинствами: самая высокая эффективность, большая площадь съема тепла и малый расход материала. Его недостатки: сложность изготовления, очень высокое гидродинамическое сопротивление, возможность засорения структуры и малая инертность при резком перепаде нагрузки.

Сравнительно недавно в технике был разработан новый метод резания – деформирующее резание [4]. Было интересно применить этот метод для изготовления основания водоблока. Основание является важнейшей деталью СВО, так как водоблок – теплообменник, который непосредственно поглощает тепло, выделяемое центральным процессором. Было разработано несколько вариантов конструкции. Прежде всего, нужно было выбрать конструкцию основания – подложки. Одним из авторов совместно с разработчиками технологии деформирующего резания было изготовлено несколько вариантов структур поверхности подложки (рис. 3).

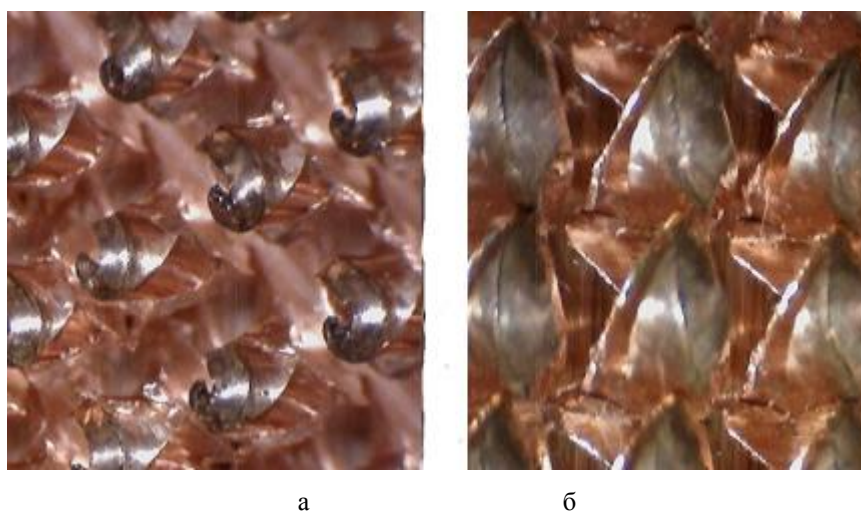


Рис. 3. Подложка теплообменника: *а* и *б* – варианты конструкции

Исходя из технологии получения общая площадь теплообменника в обоих случаях одинаковая. Принципиальная разница только в возможном потоке жидкости. Практические испытания показали более эффективной второй вариант структуры. Математическое моделирование тоже показало эффективность данной структуры. На основании структур были сделаны подложки и водоблоки.

2.2 Гидродинамическое сопротивление

Гидродинамическое сопротивление (ГДС) – это сопротивление движению жидкости, вызванное влиянием стенок труб, каналов и т. п. при обтекании неподвижного тела потоком жидкости (газа) [5]. ГДС представляет собой проекцию главного вектора всех действующих на тело сил, на направление движения:

$$X = c_x (rv^2/2) S,$$

где: c_x – безразмерный коэффициент, r – плотность среды, v – скорость, S – площадь тела.

Коэффициент c_x зависит от формы тела и его положения относительно направления движения. Силу, с которой жидкость действует на каждый элемент поверхности движущегося тела, можно разложить на нормальную и касательную составляющие, т. е. на силу давления и силу трения. Проекция результирующей всех сил давления на направление движения даёт ГДС давления, а проекция результирующей всех сил трения на направление движения – ГДС трения. Тела, у которых сопротивление от сил давления мало по сравнению с сопротивлением от сил трения, считаются хорошо обтекаемыми. ГДС плохо обтекаемых тел определяется почти полностью сопротивлением давления.

При протекании жидкости по трубам, каналам и т. д. в гидравлике различают два вида ГДС: сопротивление трения, прямо пропорциональное длине участка потока, и местные гидравлические сопротивления, связанные с изменением структуры потока (отрывы, вихреобразование) на коротком участке при обтекании различных препятствий (в виде клапанов, задвижек и др.), а также при внезапном расширении или сужении потока или при изменении направления его течения.

Таким образом, чем выше ГДС водоблока, тем больше падение давления в контуре СВО и тем ниже скорость отвода тепла от центрального процессора. Для преодоления высокого ГДС необходима более мощная помпа, которая стоит дороже и ведёт к удорожанию СВО.

Исследования показали эффективность изготовленных образцов оснований. Их ГДС было больше, чем у стандартных деталей. Последнее объясняется более высоким коэффициентом c_x , отражающим более сложную форму поверхности образцов.

2.3 Толщина основания

Толщина основания диктуется формой элементов охлаждения и напрямую зависит от температурного поля рассеивающей поверхности. Известно [6], что температурное поле не линейно. На небольшом удалении от основания падение температуры по высоте ребра происходит очень резко. При конкретных условиях проведенного в работе экспери-

мента, основной градиент уложился на высоту 10...15 мм. Таким образом, оптимальное отношение толщины к высоте ребер из меди может составлять не более 1 : 7, а в большинстве случаев достаточно 1 : 5.

На основании этих данных можно утверждать, что невысокие, но частые рёбра, проходящие через центр нагрева, способствуют уменьшению толщины основания ватерблока и при этом имеют высокую эффективность. По этому показателю стандартные и исследуемые образцы имели схожие характеристики.

2.4 Площадь теплообменника

Влияние эффективности охлаждения на площадь съёма тепла имеет линейный характер. Чем больше площадь теплообменника, тем выше его эффективность.

Площадь же в свою очередь зависит от формы элементов охлаждения. Рассмотрим основной вариант. Допустим, имеем основание определённых размеров, равномерно омываемое продольным потоком жидкости. На нём имеются ребра, толщина которых равна ширине прорезей между ними. Тогда суммарное поперечное сечение рёбер будет равно примерно 50% от площади основания. Именно через это сечение тепловой поток будет проходить, и распределяться рассеивающей поверхностью рёбер (рис. 4, а).

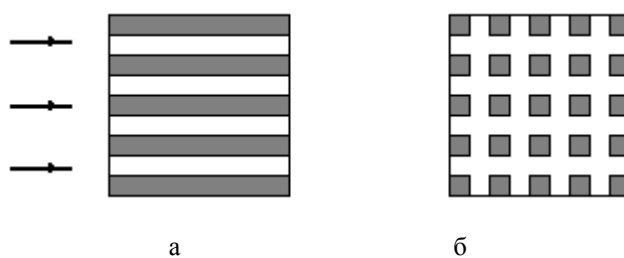


Рис. 4. Форма элементов охлаждения: а – с внутренними ребрами; б – с игольчатой формой

Теперь к продольным прорезям добавим точно такой же ширины поперечные прорезы – рёбра превратятся в иглы с квадратным сечением (рис. 4, б). Площадь теплоотдачи при этом не изменится, но практически вдвое сократится площадь поперечного сечения рассеивающих элементов. Конечно, эффективность не снизится вдвое, но потери будут.

Незначительное влияние имеет и так называемая гидродинамическая тень. При протекании жидкости за каждым из штырьков образуется мертвая зона, в которой, вследствие разности давлений, возникает обратное движение. Штырьки, имеющие сечение круглой формы или вытянутое в виде ромба (вдоль потока), в этом плане более предпочтительны.

Исследования показали, что из-за более сложной структуры поверхности, предлагаемые образцы, изготовленные методом деформирующего резания, не имеют мертвых зон и более эффективно отдают накопившееся тепло.

2.5 Тип течения жидкости

Различают ламинарное и турбулентное течение [4, 6]. Ламинарное течение – это течение при котором жидкость или газ перемещается слоями без перемешивания и пульсаций. Турбулентное течение заключается в том, что при увеличении интенсивности течения жидкости или газа в среде самопроизвольно образуются многочисленные нелинейные фрактальные волны и обычные, линейные различных размеров, без наличия внешних, случайных, возмущающих среду сил или при их присутствии.

Очевидно, что более предпочтителен последний вариант – основание, изготовленное методом деформирующего резания, т.к. помимо высокой скорости потока, турбулентность можно вызвать создав сложные начальные и граничные условия, которые у него явно выше.

Выводы

Установлено, что повышение эффективности СВО возможно путем применения деформирующего резания для изготовления деталей водоблока.

Предлагаемая конструкция водоблока довольно проста, однако обеспечивает необходимое распределение потока жидкости и позволяет использовать минимум деталей. Основание предпочтительно изготовить из меди; крышку - из пластика (методом литья); крепление - из нержавеющей стали толщиной.

Список литературы

1. И. Зубаль. Жидкостное охлаждение для компьютеров. Режим доступа: <http://fcenter.ru/online/hardarticles/cooling/5818> (дата обращения 20.09.2014).
2. А. Сорокин. Системы водяного охлаждения компьютера. Режим доступа: <http://www.electrosad.ru/Ohlajd/waterl.htm> (дата обращения 20.09.2014).
3. Зубков Н.Н., Овчинников А.И., Седов А.В. Реализация метода деформирующего резания ротационными резцами. Определение геометрических параметров зоны обработки // Известия высших учебных заведений. Сер. Машиностроение. 2012. № 1. С. 67-73.
4. Иванов Б. Н. Мир физической гидродинамики. Изд.2, М.: Едиториал УРСС, 2010. 240 с.
5. П. Г. Киселев. Гидродинамическое сопротивление. Режим доступа: <http://bse.scilib.com/article010226.html> (дата обращения 20.09.2014).
6. Химическая гидродинамика. Справочное пособие / Кутепов А.М., Полянин А.Д., Запryanов А.Д., Вязьмин А.Д., Казенин Д.А. - М.: Квантум, 1996. - 336 с.