

UDC 624

Numerical Simulation for Heat Transfer in Liquid Cooling System of Electronic Components

¹ Sergei G. Voronchihin² Vadim A. Pomytkin³ Maxim A. Zemtsov⁴ Andrew L. Flaxman¹⁻² Vyatka State Humanitarian University, Russia

26 Krasnoarmeyskaya st., Kirov, Kirov Region, 610002

Head. Department of Physics and techniques of teaching physics,

¹ PhD (tech.), associate lecturer

E-mail: vsg010203@mail.ru

² PhD student

E-mail: vadim.pomytkin@gmail.com

³⁻⁴ Vyatka State University, Russia

29 Moskovskaya st., Kirov, Kirov Region, 610000

³ PhD student

E-mail: maxvgu@gmail.com

⁴ PhD (tech.), associate lecturer

E-mail: flaksman@vytsu.ru

Abstract. In this study, the task of optimizing the thermal liquid cooling system distributor of electronic components by means of numerical simulation of heat transfer in the investigated object. This task allowed us to find the optimal geometric parameters of the thermal spreader.

Keywords: liquid cooling system; thermal spreader; the Laplace equation; thermal management.

Системы охлаждения центральных процессоров (ЦП) электронных вычислительных машин (ЭВМ) строятся с применением различных технологий: воздушное охлаждение, жидкостное охлаждение и системы на тепловых трубах.

Рассмотрим пример реализации жидкостной системы охлаждения для ЦП, изображенный на рис. 1а. Данная система состоит из: печатной платы с установленным на неё ЦП (1), термического распределителя (2), теплообменника (3) с каналами для подачи (4) и отвода (5) охлаждающей жидкости.

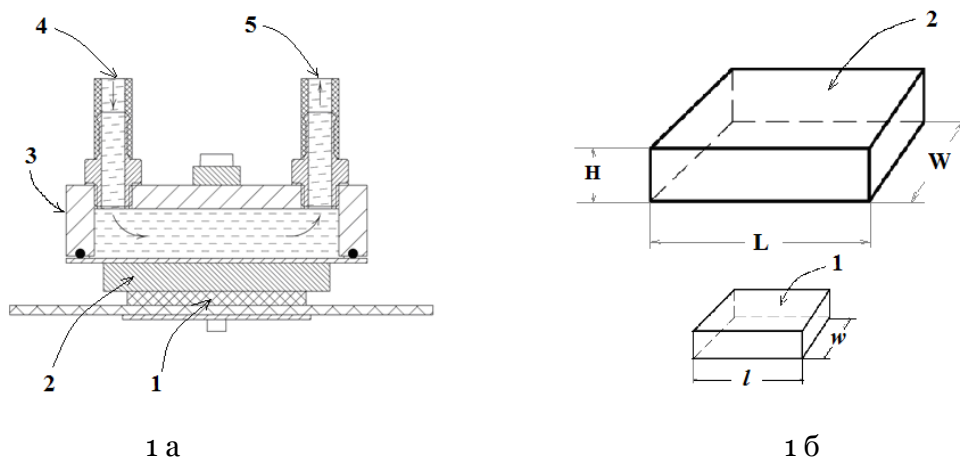


Рис. 1. Система жидкостного охлаждения ЦП (а) и условные обозначения размеров термического распределителя и ЦП (б)

Данный термический распределитель (рис. 1б) имеет длину L , ширину W , высоту H , среднее геометрическое длины и ширины $G = \sqrt{LW}$. Площади поверхностей верхней и

нижней стороны равны и имеют значение S_2 . Термический распределитель имеет с нижней стороны термический контакт с источником тепла длины и ширины, равных l , а площадь S_1 . В данном случае источником тепла является ЦП. Верхней стороной термический распределитель имеет тепловой контакт с радиатором.

В исследовании поставлена задача оптимизации термического распределителя системы жидкостного охлаждения электронных компонентов путем численного моделирования процессов теплопередачи. В качестве параметра оптимизации выбрано геометрическое соотношение размеров термического распределителя H/G . Численное моделирование процессов теплопередачи заключается в решении трехмерного уравнения теплопроводности – уравнения Лапласа с граничными условиями второго и третьего рода, в результате решения которого определена зона оптимальных геометрических характеристик термического распределителя [1].

Для определения термической проводимости системы охлаждения производители электронного оборудования часто используют модель [4]–[7]. Данная модель термической проводимости использует электрическую аналогию, в которой электрический ток заменен на теплообмен. В соответствии с такой аналогией общее термическое сопротивление сборки равно сумме термических сопротивлений её компонентов. Как было показано в [8], эта простая термическая модель некорректна.

Для определения распределения температур используется уравнение Лапласа. Для данной задачи аналитического решения не существует, поэтому задача решалась численным методом [2], [3].

Трехмерное уравнение теплопроводности Лапласа имеет вид

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = 0,$$

где: T - температура, x, y, z - координаты.

Для решения дифференциального уравнения численным методом введём следующие граничные условия:

для S_1 (граничное условие второго рода): $q_1 = const$, $q_1 = \frac{P_1}{S_1}$ [Bm/m^2],

где q_1 - тепловой поток с поверхности корпуса ЦП,

P_1 - мощность теплового потока, выделяемая с площади S_1 ;

для S_2 (граничное условие третьего рода на основании закона Ньютона-Рихмана):

$$q_2 = \alpha(T - T_a),$$

$$\alpha(T - T_a) = -\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial T}{\partial y} + \frac{\partial T}{\partial z} \right),$$

$$P_2 = \int_{S_2} q_2 dS \quad [Bm],$$

где q_2 - тепловой поток верхней стороны термического распределителя,

α - коэффициент теплоотдачи, λ - коэффициент теплопроводности, T_a - температура окружающей среды, P_2 - мощность теплового потока, выделяемая с площади S_2 .

Условие сохранения энергии: $P_1 = P_2$.

Для численного решения задавались граничные условия, а именно мощность источника тепла $Q_1 = 65 Bm$ и коэффициент теплоотдачи $\alpha = 4 \cdot 10^3 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$, определенный экспериментально. Коэффициент теплопроводности λ брался постоянным и соответствующим коэффициенту теплопроводности меди.

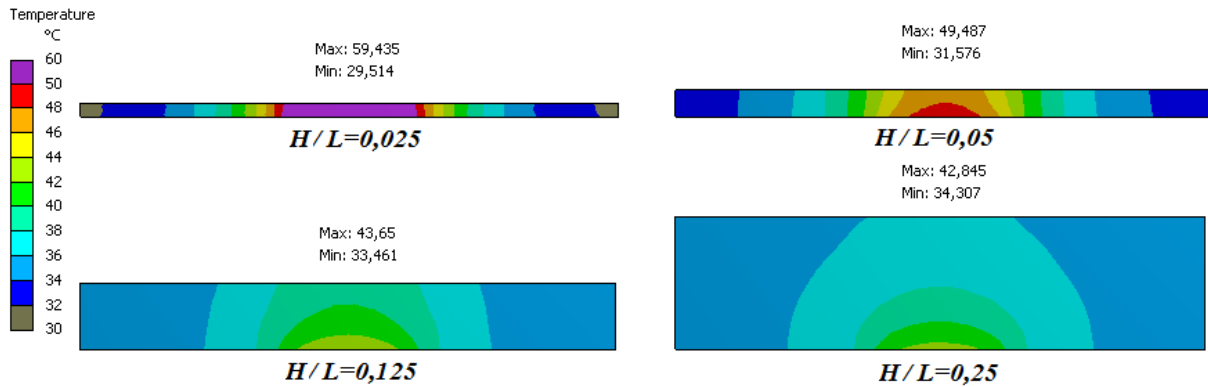


Рис. 2. Распределение температур в сечении термического распределителя, присоединенного к тепловому источнику, для различных отношений H/L .

На рис. 2. показано температурное распределение в сечении термического распределителя, присоединенного к тепловому источнику. Контактная поверхность источника тепла имеет длину и ширину, равную $l = 10$ мм. Контактная поверхность термического распределителя имеет длину и ширину, равную $L = 40$ мм, и переменную высоту H . Отношение размеров источника тепла и термического распределителя равно l/L .

В результате расчётов было найдено оптимальное соотношение размеров термического распределителя для снижения общего термического сопротивления системы, включающей два термически соединенных элемента неравного размера, где один элемент – источник тепла, а другой элемент – термический распределитель. Данные показаны на рис. 3.

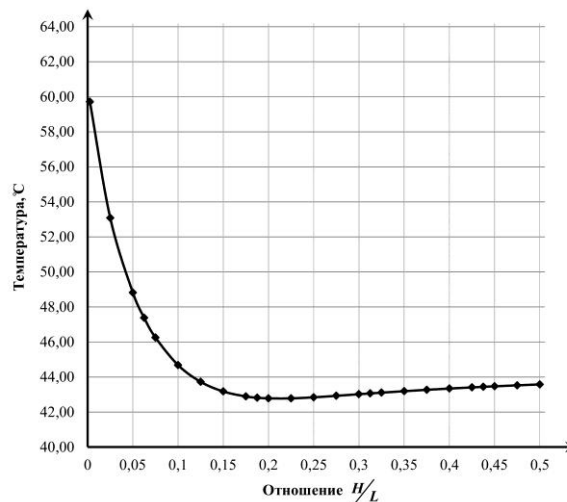


Рис. 3. Зависимость температуры источника тепла от отношения H/L термического распределителя

Моделирование производилось в системе ANSYS. В результате расчетов было найдено, что оптимальное соотношение размеров термического распределителя находится в пределах $0,17 \leq H/L \leq 0,35$.

В результате исследования предложен метод снижения термического сопротивления систем охлаждения электронных компонентов, построенных с применением систем жидкостного охлаждения, с помощью использования термического распределителя с

оптимальным соотношением размеров $0,17 \leq H/L \leq 0,35$ как компонента системы охлаждения.

Снижение термического сопротивления системы охлаждения электронных компонентов позволяет сохранять рабочий интервал температур электронного компонента (в т.ч. ЦП) в большем диапазоне температур окружающей среды с заданной производительностью.

Примечания:

1. V. Pomytkin et al. THERMAL SPREADER FOR HEAT PIPE COOLERS AND WATER COOLERS. Патент US 2010/0259888 A1 H01L Go6F.
2. Физический энциклопедический словарь. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1983. С. 746-748.
3. Фокин В.М., Бойков Г.П., Видин Ю.В. Основы технической теплофизики. М.: Машиностроение, 2004. 172 с.
4. Термическое сопротивление. URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/ Термическое_сопротивление](http://ru.wikipedia.org/wiki/Термическое_сопротивление) (дата обращения: 29.03.2011).
5. Электротепловая аналогия URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/ Электротепловая_аналогия](http://ru.wikipedia.org/wiki/Электротепловая_аналогия) (дата обращения: 29.03.2011).
6. Уравнение диффузии URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/ Уравнение_диффузии](http://ru.wikipedia.org/wiki/Уравнение_диффузии) (дата обращения: 16.03.2011).
7. «Thermal Design Considerations for Embedded Applications» URL: <ftp://download.intel.com/design/intarch/PAPERS/321055.pdf> (дата обращения: 16.03.2011).
8. Ворончихин, С.Г. Численное моделирование и экспериментальное исследование процессов теплопередачи в системах охлаждения электронных компонентов / С.Г. Ворончихин, В.А. Помыткин, М.А. Земцов, А.Л. Флакман // Сборник научных трудов SWorld: Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2011 Том 10: Одесса: Издательство Черноморье, 2011. С. 85-92.

УДК 624

Численное моделирование процессов теплопередачи в системах жидкостного охлаждения электронных компонентов

¹Сергей Геннадьевич Ворончихин
²Вадим Анатольевич Помыткин
³Максим Александрович Земцов
⁴Андрей Львович Флакман

¹⁻² Вятский государственный гуманитарный университет, Россия
 610002, Кировская область, г. Киров, ул. Красноармейская, д. 26

¹ Кандидат технических наук, доцент
 E-mail: vsg010203@mail.ru

² Соискатель
 E-mail: vadim.pomytkin@gmail.com

³⁻⁴ Вятский государственный университет, Россия
 610000, Кировская область, г. Киров, ул. Московская, д. 36

³ Соискатель
 E-mail: maxvgu@gmail.com

⁴ кандидат технических наук
 E-mail: flaksman@vytsu.ru

Аннотация. В данном исследовании поставлена задача оптимизации термического распределителя системы жидкостного охлаждения электронных компонентов путем численного моделирования процессов теплопередачи в исследуемом объекте. Решение этой задачи позволило найти оптимальные геометрические параметры термического распределителя.

Ключевые слова: система жидкостного охлаждения; термический распределитель; уравнение Лапласа; термический менеджмент.