

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Радиотехники и электродинамики
наименование кафедры

Моделирование тепловых процессов в системах охлаждения
радиоэлектронных устройств
с помощью программного комплекса ANSYS
АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента _____ 2 _____ курса _____ 2233 _____ группы

направление
(специальности)

03.04.03 «Радиофизика»

код и наименование направления (специальности)

института физики

наименование института

Коливердова Леонида Сергеевича

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

д.ф.м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

И.А. Ермолаев

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

д.ф.м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

О.Е. Глухова

инициалы, фамилия

Саратов 2022

Введение

Радиоэлектронные устройства постоянно развиваются, благодаря современным технологиям производства, размеры устройств постоянно уменьшаются, плотность транзисторов возрастает [1].

Помимо стремительного уменьшения самих габаритов радиоэлектронных устройств, повышается их вычислительная мощность. А вот системы охлаждения этих устройств не развиваются также быстро [2].

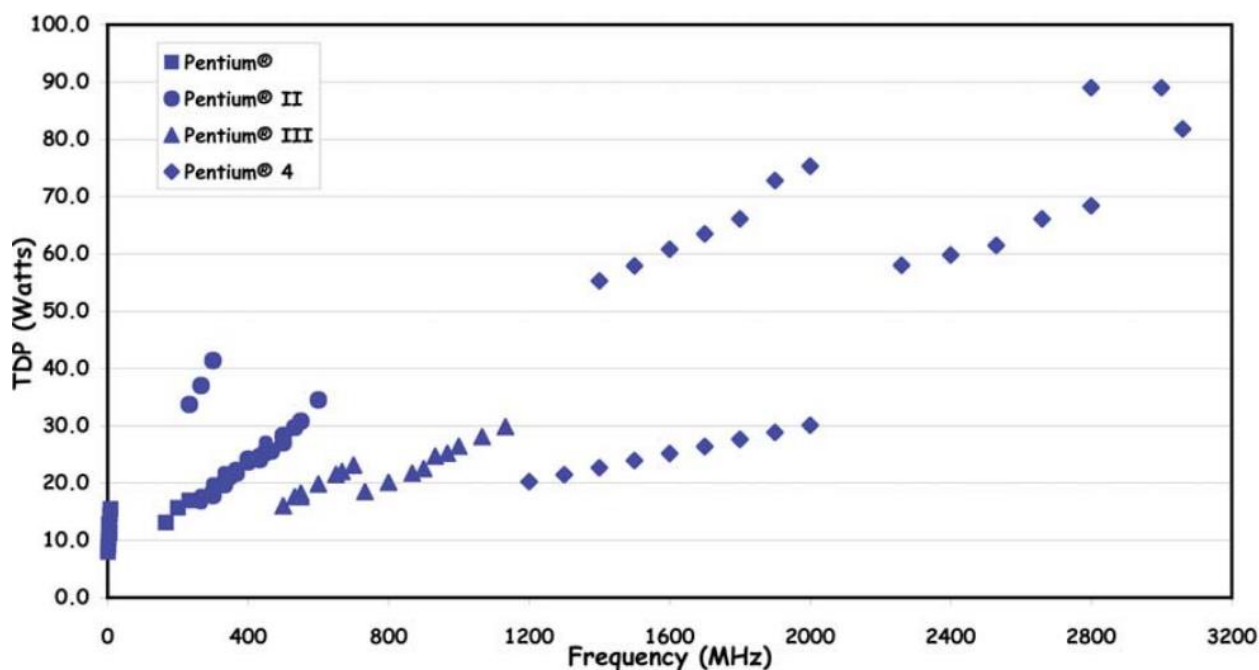


Рисунок 1 – Диаграмма, отражающая тенденцию увеличения тепловыделения микропроцессоров с увеличением частоты [3].

В работе [4] было сказано, что при повышении температуры чипа свыше 85°C в многоуровневой металлизации, состоящей из слоёв металла, контактных переходов и межуровневых диэлектриков происходит термическое расширение слоёв. Это может приводить к разрывам и образованию металлических пустот в металлических шинах или же контактных переходов, из-за этого также может происходить разрушение диэлектрика между металлическими шинами. Поэтому данная проблема является довольно важной в наше время.

В жидкостных системах охлаждения зачастую используются теплообменники. И эти теплообменники играют огромную роль в улучшении

эффективности всей системы охлаждения, ведь именно они обеспечивают теплообмен между радиоэлектронным устройством и охлаждающей жидкостью.

Учитывая маленькие габариты и большую теплоотдачу современных радиоэлектронных устройств, создание эффективных теплообменников является очень важной задачей. При ограниченном доступе к поверхности тепловыделения и высокой тепловой нагрузке одним из лучших способов интенсификации теплопереноса является использование мини-, микро- и наноканальных теплообменников. Поэтому научный интерес к данному виду теплообменников постоянно растёт [5].

Цель данной работы – произвести численное исследование теплового режима микроканальной системы охлаждения устройств радиоэлектроники. Изучить зависимость температуры от параметров микроканальной системы.

Работа состоит из трех разделов.

Первый раздел посвящён изучению общих характеристик микроканальных систем, были рассмотрены методы оптимизации микроканальных систем, посредством изменения их геометрических размеров [9-10].

Также был рассмотрен эффект критического теплового потока в микроканальных системах [6-8].

Во втором разделе рассматривается конечноэлементный комплекс ANSYS.

В частности, проведен краткий обзор метода конечных элементов [11-13] и среды моделирования ANSYS [14-15].

В третьем разделе было произведено численное исследование теплового режима микроканальной системы охлаждения устройств радиоэлектроники.

В качестве исследуемой системы была выбрана следующая геометрическая модель теплообменника, изображенная на рисунках 2-4.

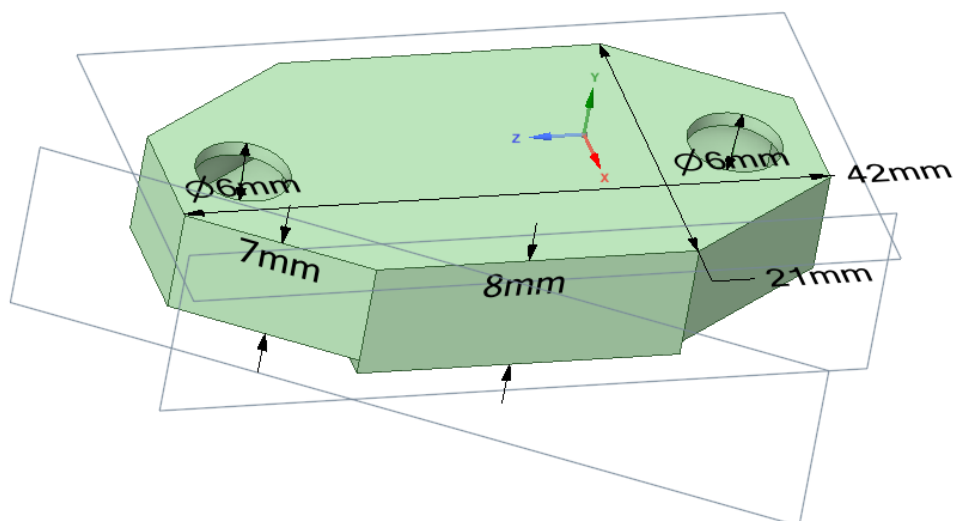


Рис. 2 – Геометрия микроканальной системы. Вид сверху.

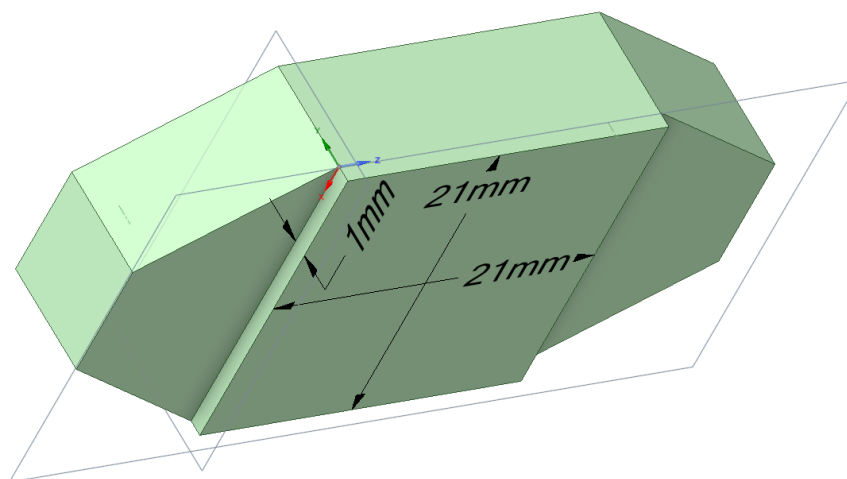


Рис. 3 – Геометрия микроканальной системы. Вид снизу.

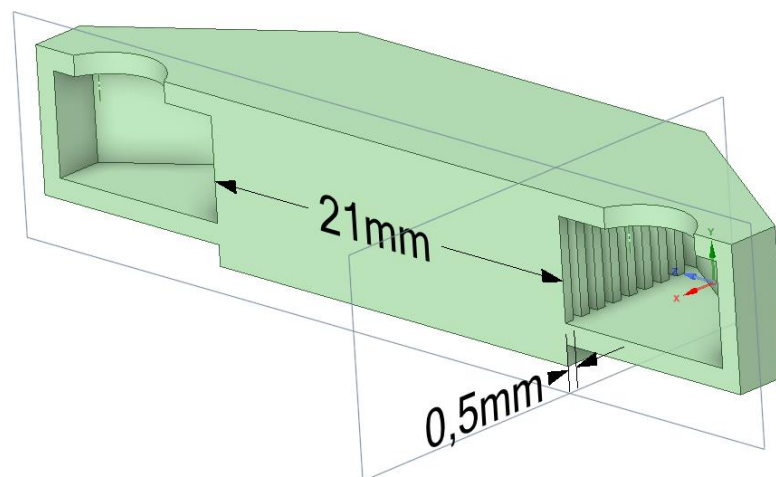


Рис. 4 – Микроканальный теплообменник в разрезе с шириной каналов/стенок 0.5мм.

В процессе численных исследований изменялись следующие параметры:

- Материалы микроканальной системы – алюминий, медь.
- Ширина микроканалов – 0,5мм, 1мм, 1.5мм.
- Скорость поступающей жидкости – от 0.1 м/с до 1 м/с. (с шагом в 0,1)

Остальные параметры исследуемой системы:

- Материал жидкости – вода.
- Начальная температура микроканальной системы – 26.85°C (300K)
- Температура поступающей жидкости – 21.85°C (295 K).
- Плотность теплового потока на нижней грани корпуса микроканальной системы – 50 Вт/см².

В общей сложности было произведено 60 расчётов, в таблицах ниже представлены результаты вычисления максимальной температуры, расположенной на корпусе микроканальной системы для каждого из случаев. Результаты представлены на рисунке 5.

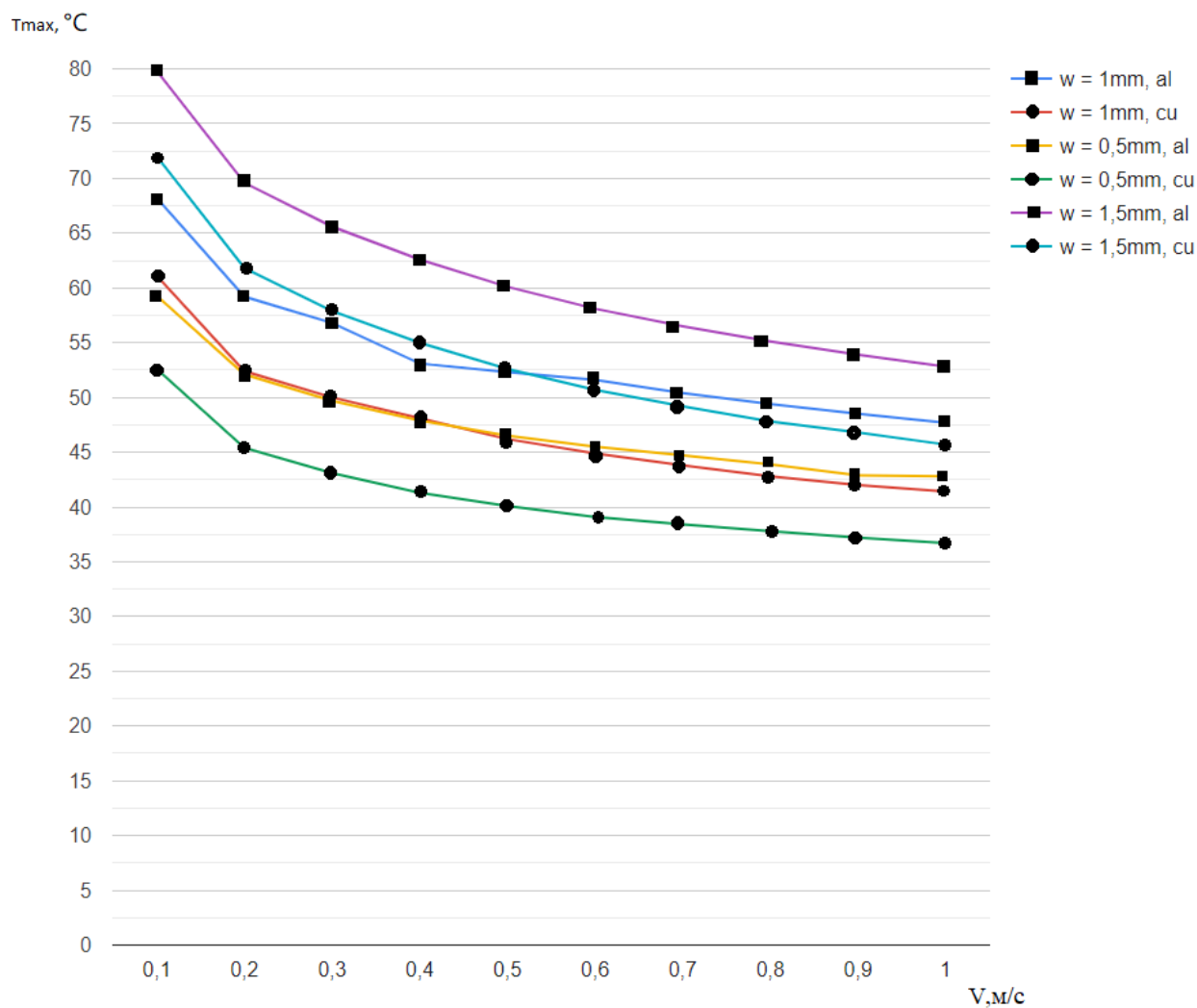
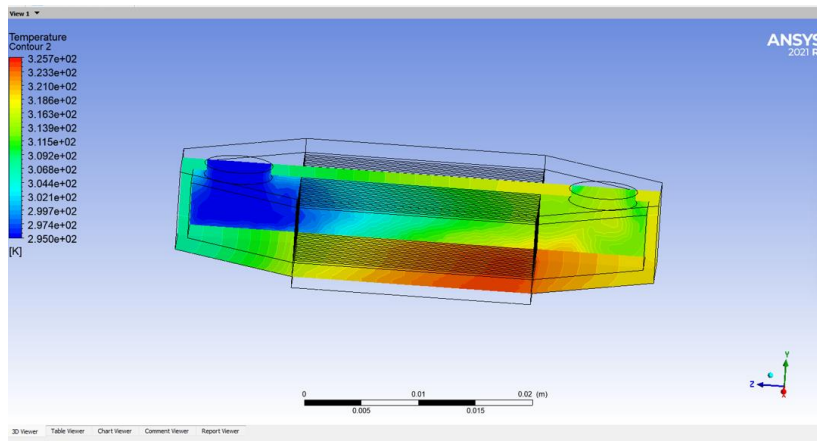


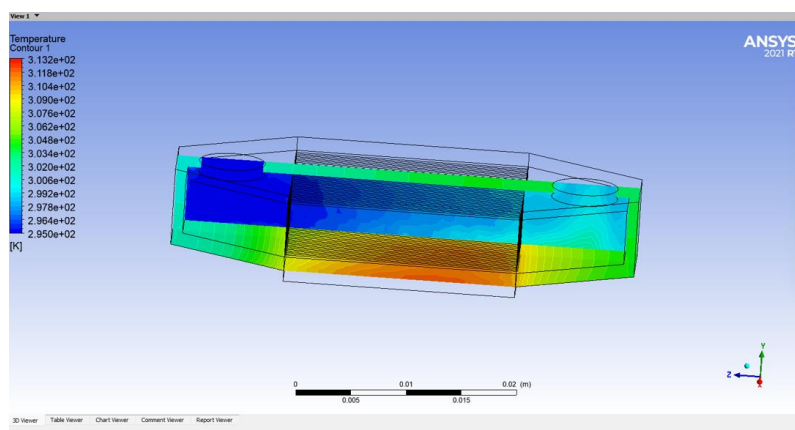
Рис. 5 – Изменение максимума температуры с ростом скорости жидкости для различных материалов и параметров каналов.

Помимо этого, были получены градиенты температуры. Пример результата для медной микроканальной системы с шириной каналов 0.5 мм показан на рисунке 6.

а)



б)



в)

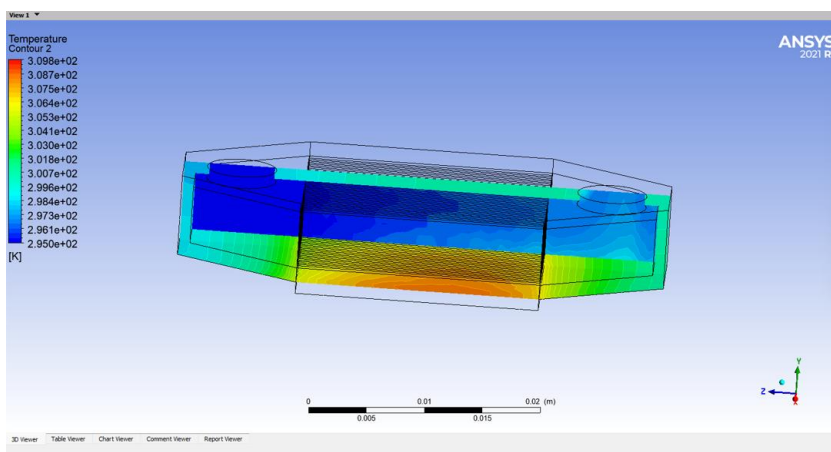


Рисунок 6 – Температурные поля микроканальной системы: медь, ширина канала – 0.5мм, скорость жидкости на входе: а) – 0.1 м/с, б) – 0,5 м/с, в) – 1 м/с.

Заключение

Было проведено довольно большое количество расчетов для нескольких микроканальной системы охлаждения с различной шириной каналов, различных материалов при различной скорости потока охлаждающей жидкости, получены градиенты температуры для охлаждающей жидкости, протекающей в центральном микроканале и для основания микроканальной системы.

Были получены зависимости максимальной температуры в микроканальной системе, в зависимости от ширины микроканалов, используемого материала, скорости потока охлаждающей жидкости.

При анализе таблицы 1в можно выделить медную микроканальную систему охлаждения с шириной микроканалов равной 0.5мм. Учитывая площадь, воздействия теплового потока в 4,31 см² и его значения в 50 Вт/см² итоговая мощность на нижней грани микроканальной системы равнялась 220,5 Вт, а полученная максимальная температура в система всего лишь 36,7 °С, при скорости течения жидкости в каналах 1 м/с. Это является показателем очень хорошей эффективности. Что подтверждается в практическом исследовании [20] где были рассмотрены похожие системы охлаждения.

Следует отметить также большую неоднородность температуры основания микроканальной системы для микроканалов шириной в 0.5мм (рис. 36-37), которая снижается с ростом скорости жидкости. Это объясняется увеличением теплообмена с ростом площади контакта, и ростом гидросопротивления в тонких каналах. Что приводит к нагреву жидкости ближе к выходу из канала и неравномерному распределению температуры на самом микроканальном устройстве.

Анализ зависимостей, представленных на Рис. 38 позволяет сделать следующие выводы. При малой скорости жидкости 0.1м/с алюминиевая система с толщиной каналов в 1мм является более эффективно, чем медная с

толщиной каналов в 1.5мм. Однако, при скорости 1 м/с уже система из меди с более широкими каналами становится более эффективной.

Список используемой литературы

1. Зубкова В.В. "Анализ актуальности закона Мура" Перспективы развития информационных технологий, no. 21, 2014, pp. 136-140.
2. Dulnev G. N., Polshchikov B. V. Problems of heat transfer in radio-electronic equipment //Radiotekhnika. – 1977. – Т. 32. – С. 86-96.
3. Mahajan R., Chiu C., Chrysler G. Cooling a microprocessor chip //Proceedings of the IEEE. – 2006. – Т. 94. – №. 8. – С. 1476-1486.
4. Федорович Д. С. Деградация центральных процессоров в персональных компьютерах. – 2020.
5. Ramesh, K. Naga; Sharma, T. Karthikeya; Rao, G. Amba Prasad (2020). Latest Advancements in Heat Transfer Enhancement in the Micro-channel Heat Sinks: A Review. Archives of Computational
6. Y. Katto (1978). A generalized correlation of critical heat flux for the forced convection boiling in vertical uniformly heated round tubes. 21(12), 1527–1542.
7. Jaeseon Lee; Issam Mudawar (2009). Critical heat flux for subcooled flow boiling in micro-channel heat sinks. 52(13-14), 3341–3352.
8. Кузнецов В. В., Шамирзаев А. С. Влияние массовой скорости на величину критического теплового потока при кипении деионизованной воды с недогревом в микроканальной системе охлаждения //Письма в ЖТФ. – 2018. – Т. 44. – №. 20.
9. H.A. Mohammed; P. Gunnasegaran; N.H. Shuaib (2011). Influence of channel shape on the thermal and hydraulic performance of microchannel heat sink.

10. Jajja S. A. et al. Water cooled minichannel heat sinks for microprocessor cooling: Effect of fin spacing // Applied Thermal Engineering. – 2014. – Т. 64. – №. 1-2. – С. 76-82
11. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. – М.: Мир, 1984. – 248с.
12. Деклу Ж. Метод конечных элементов. – М.: Мир, 1976. – 322с
13. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов — М.: Мир, 1979. — 392 С
14. Kohnke, P. C. (1982). ANSYS. Finite Element Systems, 19–25.
15. ANSYS, Inc. (2005). ANSYS Workbench Product Release Notes, ANSYS Workbench Release 10.0