

## Исследование эффективности штыревого теплоотвода численными методами

*А.В. Палий, Р.Н. Сулейманов*

*Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения  
Южный федеральный университет*

**Аннотация:** В статье авторами произведен вычислительный эксперимент в САПР Ansys Fluent по исследованию эффективности теплоотводящей поверхности с точки зрения снижения температуры теплонагруженного источника.

Обеспечение оптимального теплового режима элементов электронной аппаратуры и аппаратуры в целом считается важной проблемой при конструировании. Повышенная температура элементов электронной аппаратуры в значительной степени влияет на надежность их работы.

Работа посвящена численному моделированию эффективности теплоотводящей поверхности штыревого радиатора с внутренним источником тепла. Сделан вывод о неэффективности выполнения теплоотводящей штыревой поверхности, не вся поверхность является равноэффективной.

**Ключевые слова:** тепловой режим аппаратуры, штыревой теплоотвод, численные методы, аэродинамический поток.

### Введение

Использование теплоотводов (радиаторов) для улучшения теплового режима электронной аппаратуры объясняется высокой скоростью теплоотвода из-за большого коэффициента теплопроводности материала (алюминий, медь и другие) [1-3].

Выбор конкретной системы зависит от конструкторских особенностей аппаратуры, от рассеиваемой мощности и внешних условий.

В тех случаях, когда конструкция аппаратуры позволяет непосредственно охлаждать теплонагруженный элемент, в зависимости от рассеиваемой мощности, применяют теплопроводность, естественную и принудительную конвекцию газа и жидкости и др.

Если же эффективности этих методов недостаточно, необходимо применять теплоотводы. Применение радиаторов обусловлено большим коэффициентом теплопроводности, превышающим коэффициент теплопроводности газа на несколько порядков, и жидкости в десятки раз.

В литературе [4-6] описание, моделирование эффективности теплоотвода и конструкторские расчеты классических видов теплоотводов зачастую сводятся к улучшению эффективности отвода тепла при увеличении площади поверхности радиатора. Существуют и широко применяются такие виды радиаторов как: штыревые, ребристые, игольчатые, петлевые, пластинчатые, типа «краб» и другие. В виду такого разнообразия конструкций можно сделать вывод об отсутствии общего подхода к описанию оптимальной формы «выступов» на теле радиатора.

В статье приводится описание проведенного вычислительного эксперимента на основе численных методов, проводимого в среде Ansys Fluent подтверждающего теоретические исследования по оптимизации поверхности радиатора с целью минимизации температуры теплонагруженного источника, приводимые авторами ранее [7-9].

### **Описание исследования**

На один из входов рабочего пространства поступает воздух с определенной скоростью и температурой, обтекающий штыревой теплоотвод с внутренним точечным источником тепла. Скорость потока соответствует числу Маха  $M \ll 1$ . Внешняя температура (в том числе начальная температура радиатора)  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент теплопередачи медь/воздух  $11,3\text{ W/m}^2\text{*C}$ . Мощность источника  $5\text{ W}$ . Требуется определить распределение температурного поля на поверхности радиатора с целью выявления неэффективных участков площади теплоотвода. Внешняя среда в рабочем пространстве – воздушный поток можно считать несжимаемой невесомой вязкой теплопроводной жидкостью. Обтекание симметричное ( $Ox$  – ось симметрии), режим течения – ламинарный. При описанных свойствах поток движущейся жидкости описывается системой уравнений в частных производных [10].

---

Температурные начальные условия выглядят так - на вход рабочей области поступает воздушный поток с температурой  $T = 295$  К, боковые границы рабочей области можно считать адиабатическими стенками на которых выполняется условие Неймана -  $\frac{\partial T}{\partial n} = 0$ , где  $n$  – нормаль к соответствующей границе.

На поверхности тела обтекаемого жидкостью выставляются граничные условия, выражающие закон теплообмена между телом и обтекающим его потоком (рис. 1).

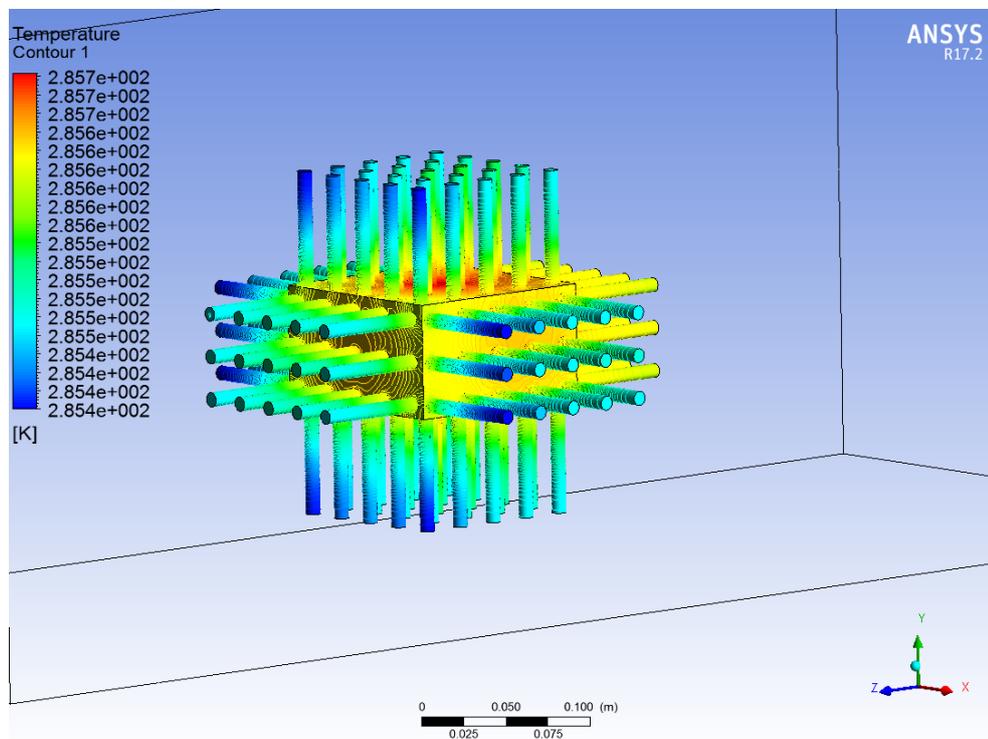


Рис. 1 – Модель штыревого теплоотвода с внутренним источником тепла в воздушном потоке

Из рисунка видно, что температура поверхности радиатора не равномерна. На краях штырей она приближается к температуре окружающей среды, а тепло эффективно отводится лишь с малой части поверхности.

Именно наличие дипольных и квадрупольных составляющих поля создает завихрения потоков, при этом тепло уже не отводится от теплонагруженного источника, а циркулирует вокруг теплоотвода. Тепло по телу с большим коэффициентом теплопроводности проходит быстрее, но в дальнейшем распространяется в произвольных направлениях (в том числе и обратно), создавая циркуляцию [9].

Если на поверхности радиатора имеется выступ (ребро или штырь), то тепло от радиатора и выступа в зонах между выступами, отводится не будет, если теплопроводность радиатора выше теплопроводности среды [9].

### **Заключение**

В работе был произведен численный эксперимент по исследованию эффективности поверхности штыревого теплоотвода с внутренним источником тепла. Эксперимент подтвердил теоретические исследования, проведенные авторами ранее и показал неравномерность прогретости поверхности теплоотвода и неэффективность большей части поверхности. Выполняемые на поверхности штыри увеличивают не эффективную, а общую площадь теплоотвода, что не снижает температуры теплонагруженного элемента, а увеличивает тепловое сопротивление.

При равном объеме или равной массе двух радиаторов, у радиатора, площадь которого меньше, будет и ниже температура охлаждаемого элемента.

Таким образом, форма теплоотвода должна повторять эквitemпературные (изотермические) поверхности от теплонагруженного источника. Для точечного и близких к сферическим источников тепла форма радиатора – сферическая, к примеру, для удлинённых – эллиптическая, переходящая в сферическую при наращивании массы радиатора.

### **Литература**

1. Г.Н. Дульнев, В.Г. Парфенов, А.В. Сигалов. Методы расчета теплового режима приборов. – М.: Радио и связь, 1990.С. 312.
-

2. В.А. Алексеев, В.Ф. Чукин, М.В. Митрошкина. Математическое моделирование тепловых режимов аппаратуры на ранних этапах ее разработки. – М.: Информатика – Машиностроение, изд. "Вираж – Центр". 1998. С. 335.
  3. Ivanov Y.F., Rotshtein V.P., Proskurovsky D.I., Orlov P.V., Polestchenko K.N., Ozur G.E., Goncharenko I.M. Pulsed electron-beam treatment of WC-TiC-Co hard-alloy cutting tools: wear resistance and microstructural evolution // Surface and coating technology. 2000. Vol. 125. pp. 255–256.
  4. Klimenov V.A., Kovalevskaya Zh.G., Eroshenko A.Yu. Examination of the thermal effect of electron beam on a coating substrate composite // Welding International. 2002. Vol. 16, No. 11. pp. 899–902.
  5. Takeda K., Takeuchi S. Removal of oxide layer on metal surface by vacuum arc. // Materials Transactions, JIM. 1997. Vol. 38, No.7. pp. 636–642.
  6. Takeda K., Takeuchi S. Effects of pressure on the cleaning action of cathode spot in low vacuum // Thin Solid Films. 2002. No .407. pp. 85–90
  7. Чернов Н.Н., Палий А.В., Саенко А.В., Бесполудин В.В. Оптимизация конструкции теплоотвода с внутренним теплонагруженным источником в условиях конвективного теплопереноса воздуха // XVIII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям, 2017. С. 59-60.
  8. Чернов Н.Н., Палий А.В., Саенко А.В., Бесполудин В.В. Исследование распределения температурного поля от точечного источника тепла в конвективном потоке численными методами // Инженерный вестник Дона, 2017, №3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4307](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4307).
  9. Палий А.В. Исследование способов улучшения тепловых режимов теплонагруженных микроэлектронных устройств. Кандидатская диссертация. Таганрог, 2007. С. 140.
  10. Палий А.В., Саенко А.В., Бесполудин В.В. Влияние формы выступа и его расположения на поверхности радиатора на температуру источника тепла //
-



Инженерный вестник Дона, 2016, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3661](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3661).

### References

1. G.N. Dul'nev, V.G. Parfenov, A.V. Sigalov. Metody rascheta teplovogo rezhima priborov. [Methods of calculation of the thermal mode of devices.]. M.: Radio i svjaz', 1990.p. 312.
2. V.A. Alekseev, V.F. Chukin, M.V. Mitroshkina. Matematicheskoe modelirovanie teplovyh rezhimov apparatury na rannih jetapah ee razrabotki. [Mathematical modeling of the thermal modes of the equipment at early stages of her development]. M.: Informatika Mashinostroenie, izd. "Virazh – Centr". 1998. p. 335.
3. Ivanov Y.F., Rotshtein V.P., Proskurovsky D.I., Orlov P.V., Polestchenko K.N., Ozur G.E., Goncharenko I.M. Surface and coating technology. 2000. Vol. 125. pp. 255–256.
4. Klimenov V.A., Kovalevskaya Zh.G., Eroshenko A.Yu. Examination of the thermal effect of electron beam on a coating substrate composite. Welding International. 2002. Vol. 16, No. 11. pp. 899–902.
5. Takeda K., Takeuchi S. Removal of oxide layer on metal surface by vacuum arc. Materials Transactions, JIM. 1997. Vol. 38, No.7. pp. 636–642.
6. Takeda K., Takeuchi S. Effects of pressure on the cleaning action of cathode spot in low vacuum. Thin Solid Films. 2002. No .407. pp. 85–90
7. Chernov N.N., Palij A.V., Saenko A.V., Bespoludin V.V. XVIII Vserossijskaja konferencija molodyh uchenyh po matematicheskomu modelirovaniju i informacionnym tehnologijam, 2017. pp. 59-60.
8. Chernov N.N., Palij A.V., Saenko A.V., Bespoludin V.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4307](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4307).



9. Paliy A.V. Kandidatskaya dissertatsiya. [Research of ways of improvement of the thermal modes of the heatloaded microelectronic devices. Master's thesis.] Taganrog, 2007. p. 140.
10. Paliy A.V., Saenko A.V., Bespoludin V.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3661](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3661).