



Исследование эффективности теплоотводящей поверхности объемного тела с внутренним теплонагруженным источником в аэродинамическом потоке

Н.Н. Чернов, А.В. Палий, А.В. Саенко

*Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения
Южный федеральный университет*

Аннотация: В работе произведено исследование эффективности теплоотводящей поверхности объемного тела с внутренним источником тепла. Подобран электростатический аналог распределения теплового поля. Предложена модель конвективного потока, при определенных начальных и граничных условиях переходящего в отвод тепла теплопроводностью среды. Сделан вывод о неэффективности выполнения теплоотводящей поверхности в виде штыревых, оребренных и прочих конструкций существующих теплоотводов, увеличивающих только массу, технологическую сложность изготовления, тепловое сопротивление и температуру теплонагруженного элемента.

Ключевые слова: температурное поле, конвективный теплоперенос, эффективная площадь теплоотвода, электростатический аналог, теория подобия.

Введение

Конвективным теплопереносом называется перенос тепла в результате движения масс газа или жидкости. Исследования и расчеты эффективности теплоотводящих поверхностей объемных тел известных конструкций, как и процессов течения газов и жидкостей, приводимые в литературных источниках [1-3] производятся при помощи гидродинамических критериев подобия. Механический перенос критериев подобия при изменении линейных размеров тел приводит к выводу, что с большей площади поверхности отводится и больше тепла. На этот же вывод наводит и многообразие существующих форм поверхностей: оребренная, штыревая, игольчатая, типа «краб» и другие. В литературе не приводятся также и данные об эффективности площади теплоотводящей поверхности и об оптимальности формы выступа на ней с точки зрения снижения температуры теплонагруженного элемента [4,5].

Говоря об исследовании и расчете эффективности теплоотвода в условиях теплопроводности воздуха (без конвекции) нам требуется, в

качестве начальных и граничных условий, задать температуру окружающей среды (аэродинамического потока), количество тепла, выделяемого теплонагруженным источником, коэффициенты теплопроводности теплоотвода и рабочей среды и формы источника и объемного тела [6].

Описание исследования

Задача распределения теплового поля от теплонагруженного источника в условиях теплопроводности окружающей среды решается при помощи уравнения теплопроводности в установившемся режиме, при заданных граничных условиях, когда все тепло уходит на расстояние R , при R , стремящемся к бесконечности, и температуре T_0 . Можно представить задачу в виде следующей схемы (рис. 1) [7].

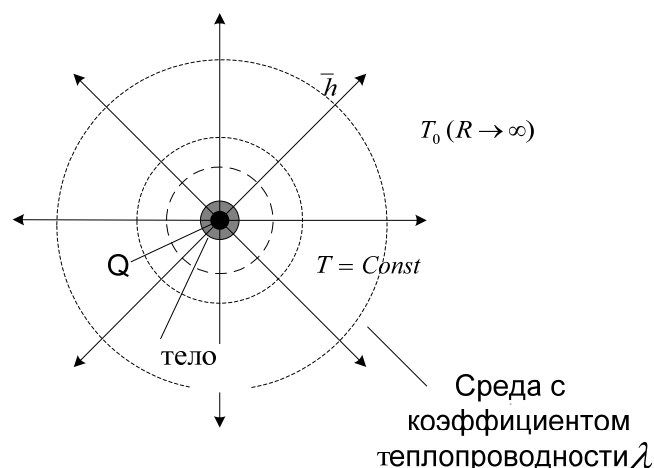


Рис. 1 - Распространение теплового поля от теплонагруженного источника при теплопроводности

В условиях конвекции среда с температурой T_0 из бесконечности приблизится со стороны потока к источнику, а сферическая изотерма T_0 преобразуется в общем виде в эллипсоид или в ближней зоне – параболоид. Вместо T_0 подставим T'_0 , которая будет равна сумме температурной и потоковой составляющих, показанных на рис.2 [8].

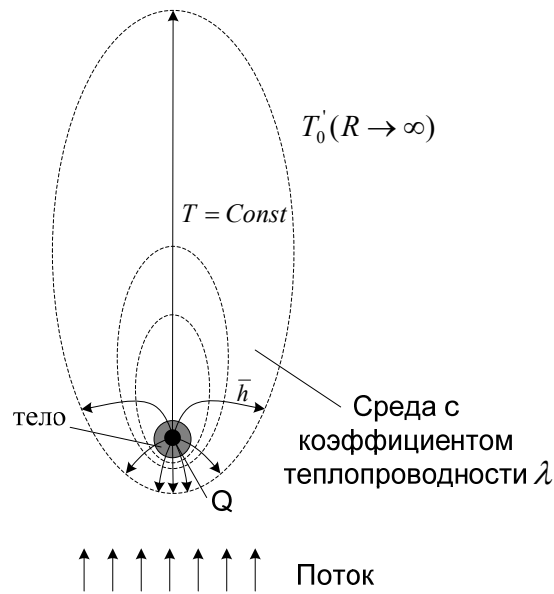


Рис.2 - Распространение теплового поля от теплонагруженного источника при конвекции

Данная модель позволяет нам теперь решать статическую задачу, для чего следует подобрать соответствующий электростатический аналог. При этом источник будет заряжен положительно ($+Q$), а эллипсоид или параболоид отрицательно ($-Q$) (рис.3) [9].

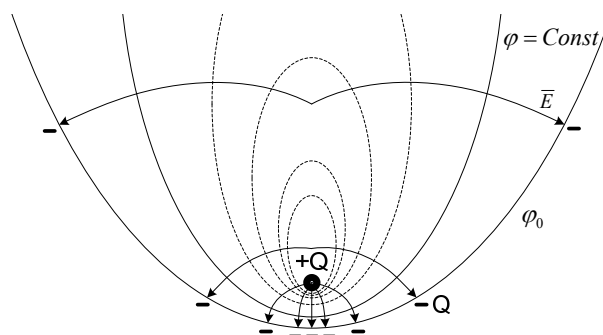


Рис.3 - Электростатический аналог теплового поля от точечного источника в конвективном потоке в установившемся режиме

Таким образом, задача по конвективному теплопереносу сводится к задаче по теплопроводности.

Покажем теперь, что увеличение общей площади теплоотводящего тела не приводит к увеличению эффективной площади рассеяния, а дополнительно увеличивает сопротивление тепловому потоку. К примеру, если преобразовать тело в тонкую пластину, то увеличится его тепловое сопротивление и тем сильнее, чем сильнее отойти от эквипотенциальных поверхностей источника. В данном случае верхняя часть пластины тепло отводить не будет, так как вся она находится в потоке горячего воздуха, идущего с нижней части. Если преобразовать форму тела еще сильнее, то, как видно из рис. 4, тепло может не поступать и в нижнюю часть [10].

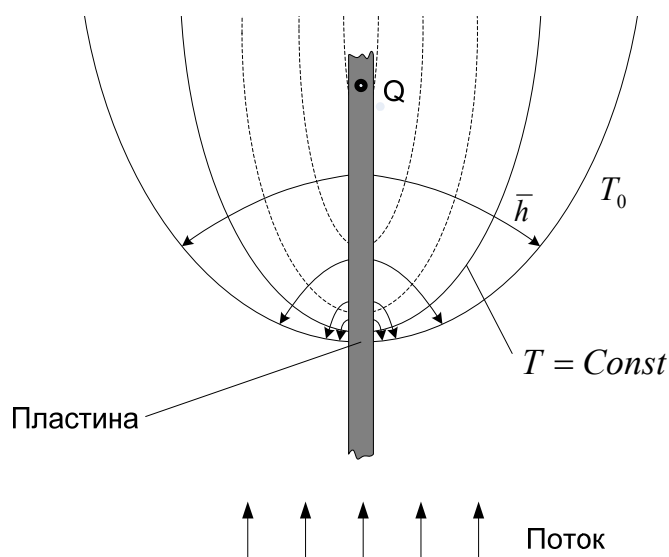


Рис. 4 - Эффективная площадь отвода тепла от преобразованного тела с внутренним источником

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод: основную массу тепла отводит малая часть объемного тела. Чем сильнее форма теплоотводящей поверхности тела будет отличаться от формы эквипотенциальных линий источника (для точечного источника в конвективном потоке – эллипсоид или параболоид), тем выше будет температура на источнике тепла при прочих равных условиях.

Штыри и ребра выполняемые на поверхности объемного тела это излишнее тепловое сопротивление и технологические сложности изготовления теплоотводов, не приводящие к увеличению эффективной поверхности теплоотвода и снижению температуры теплонагруженного источника.

Литература

1. Alex Townsend. A graduate introduction to numerical methods: From the Viewpoint of Backward Error Analysis // Springer, 2013. P. 252.
 2. Tien-Mo Shih. Numerical Heat Transfer // CRC Press, 1984. P. 563.
 3. Jamshid Ghaboussi, Xiping Steven Wu. Numerical Methods in Computational Mechanics // CRC Press, 2016. P. 313.
 4. W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Flannery, Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing // Cambridge University Press, 2007. P. 517.
 5. G. Strang. Introduction to Linear Algebra // Wellesley-Cambridge Press, 2009. P. 372.
 6. 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.
 7. 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.
 8. Палий А.В. Исследование способов улучшения тепловых режимов теплонагруженных микроэлектронных устройств. Кандидатская диссертация. Таганрог, 2007. С. 140.
-



9. Кулагин А.В. Газодинамический подход к оценке потерь на теплоотдачу в простом газопроводе // Инженерный вестник Дона, 2013. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1736.
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.

References

1. Alex Townsend. Springer, 2013. P. 252.
2. Tien-Mo Shih. CRC Press, 1984. P. 563.
3. Jamshid Ghaboussi, Xiping Steven Wu. CRC Press, 2016. P. 313.
4. W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Flannery Cambridge University Press, 2007. P. 517.
5. G. Strang. Wellesley-Cambridge Press, 2009. P. 372.
6. Chernov N.N., Palij A.V., Saenko A.V., Bespoludin V.V. XVIII Vserossijskaja konferencija molodyh uchenyh po matematicheskomu modelirovaniyu i informacionnym tehnologijam, 2017. pp. 59-60.
7. Chernov N.N., Palij A.V., Saenko A.V., Bespoludin V.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4307.
8. Paliy A.V. Issledovanie sposobov uluchshenija teplovyh rezhimov teplonagruzhennyh mikroelektronnyh ustrojstv [Investigation of ways to improve the thermal regimes of heat-loaded microelectronic devices]. Kandidatskaya dissertaciya. Taganrog, 2007. p. 140.
9. Kulagin A.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1736.
10. Paliy A.V., Saenko A.V., Bespoludin V.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3661.