

УДК 658.512.24:004.023

## **Уменьшение нагрева радиоэлектронных компонентов численной оптимизацией конструкции**

В.И. Журавлёв, В.С. Колбун, П.П. Стешенко  
Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, *vadz@bsuir.by*

В процессе проектирования конструкции методы оптимизации могут использоваться с целью изучения пространства проектирования, то есть концептуального пространства, охватывающего диапазон значений выходных переменных проектирования. Традиционные методы, используемые в том числе и при планировании физических экспериментов, обычно исследуют противоположные экстремумы [1]. Максимизация разности входных параметров в эксперименте упрощает определение влияния входных параметров на выходные переменные, так как последние подвержены случайной и систематической экспериментальной ошибке. Это может потребовать многократного выполнения экспериментов, прежде чем может быть получен статистически достоверный результат. В этой связи широкое применение получили численные эксперименты, использующие оптимизацию конструкций по нескольким параметрам в итерационном процессе.

### **1. Оптимизация численными методами**

Решение оптимизационных задач с помощью численных экспериментов широко используется в автоматизации проектирования и компьютерного моделирования радиоэлектронных средств, ввиду отсутствия случайных экспериментальных ошибок и экономической целесообразности [1, 2]. Однако при этом необходимо гарантировать, что изменение выходных переменных связано с физическими процессами и минимизировать системную ошибку из-за сходимости итераций. Системная ошибка из-за неполной сходимости должна быть относительно мала. Другим источником системной ошибки является зависимость поиска решения от параметров сетки. Нецелесообразно достигать полной независимости от сетки, когда результат практически не меняется при уменьшении шага сетки.

Выбор входных параметров конструкции, используемых для оптимизации, является ключевым. Обычно заранее не известно, какие факторы и входные параметры важны, поэтому полезно выполнить предварительный запуск цикла итераций, чтобы получить информацию о влиянии других факторов на параметры отклика [3].

## 2. Результаты моделирования

Данный подход использован для поиска оптимальных размеров теплоотвода для конструкции, имеющей строгие ограничения по размерам. Несколько тепловыделяющих микросхем находятся на одной из печатных плат. Основной способ отвода избыточной мощности – кондуктивный, тепло передаётся через металлизированную область платы и далее по теплопроводящим опорам на внешний радиатор. Для расчёта температур методом конечных элементов шаг сетки модели выбирался равным уменьшенной вдвое толщины теплопроводящего слоя печатной платы. В качестве целевой функции использовалась максимальная температура нагрева теплоотвода вследствие механизма теплопроводности. Оптимизируемыми проектными параметрами изначально рассматривались толщина основания теплоотвода, количество рёбер, высота и толщина ребра. Выполнение предварительного цикла итераций показало, что в текущей задаче влияние количества рёбер не превышает 3%. Ограничения заданы внешними размерами теплоотвода, определяющие пространство проектирования.

Полученные результаты позволяют найти минимум целевой функции и определить оптимальные значения проектных параметров. Наибольшее влияние на достижение цели оказывает толщина ребра радиатора и высота основы теплоотвода (рис.1). Как видно из приведённых зависимостей, влияние оптимизируемых параметров неравномерно и их варьированием можно уменьшить температуру нагретой зоны микросхемы на 12 ... 14 °С.

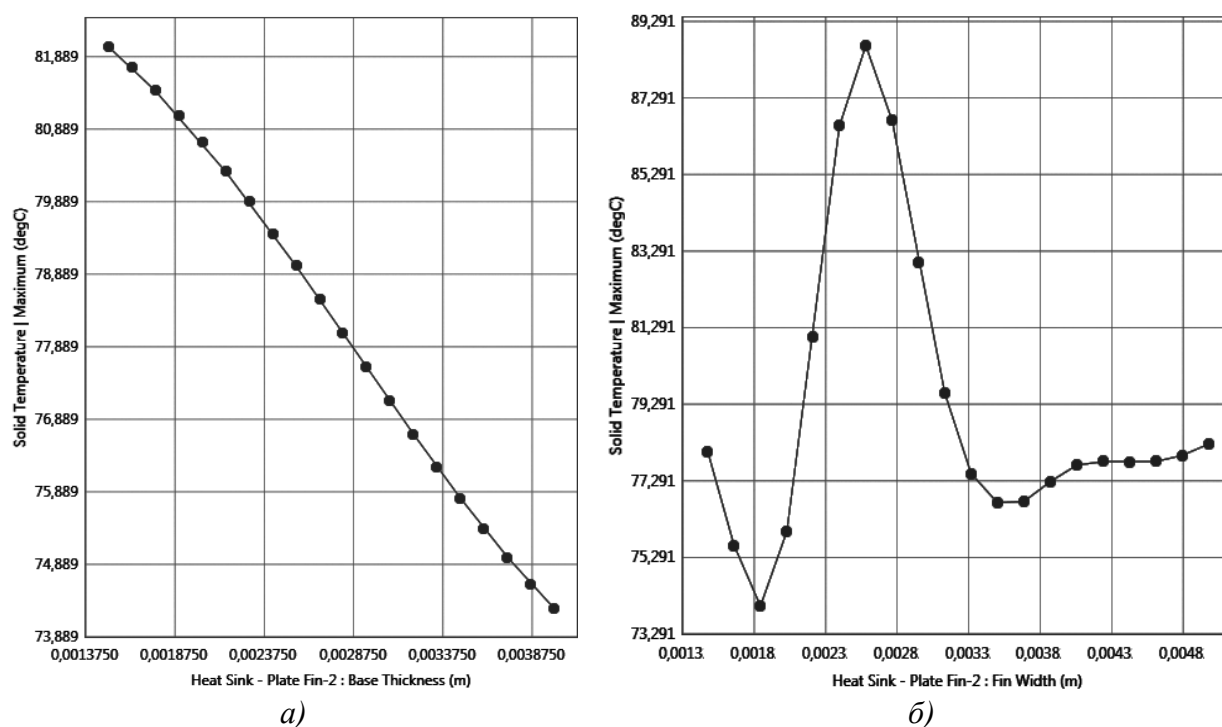


Рис. 1. Зависимость температуры нагретой зоны:  
 а) от толщины основания радиатора; б) от толщины ребра радиатора

Взаимная оптимизация только этих двух проектных параметров в данном случае позволяет снизить температуру нагрева переходов микросхем, не допустить перегрева их корпусов и избежать больших градиентов в части конструкции, что достигнуто в условиях жёстких размерных ограничений (рис.2).

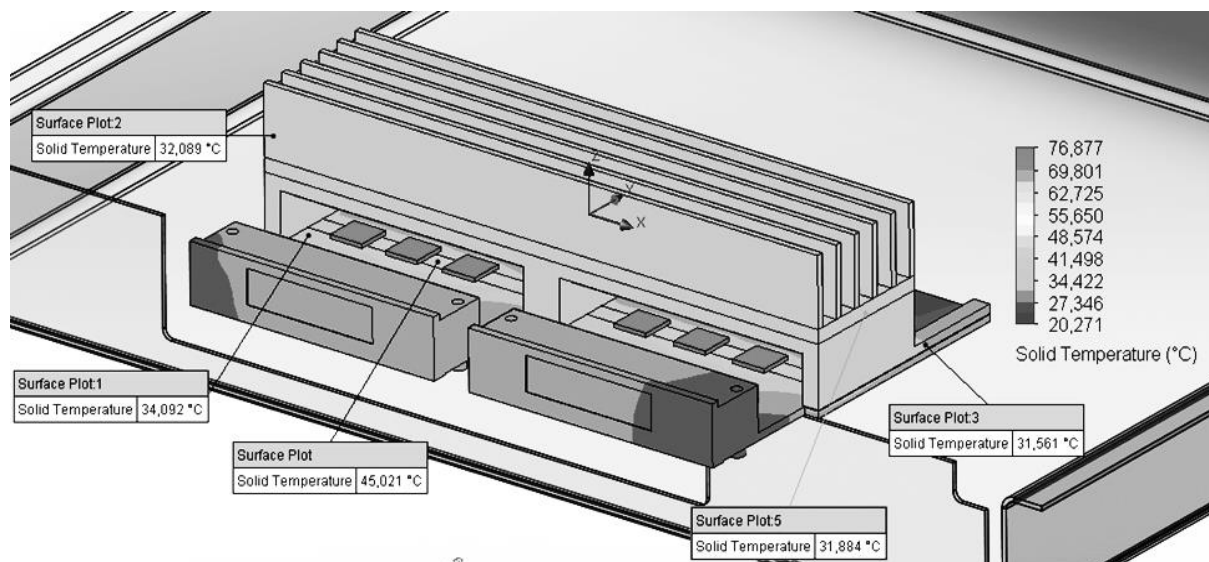


Рис. 2. Распределение тепловых полей при использовании оптимизированных параметров конструкции

Таким образом, использование численной оптимизации конструкции по предварительно отобраным двум входным параметрам позволяет определить их наилучшие значения для уменьшения разогрева электронных компонентов. В дальнейшем в рассматриваемой конструкции возможно использование оптимизации по другим проектным параметрам пространства проектирования, в котором ранее полученные параметры выступают в качестве ограничений.

### Список литературы

1. Xin, Li Statistical Performance Modeling and Optimization / Li Xin, Le Jiayong, T. Lawrence // Foundations and Trends in Electronic Design Automation. – 2007. – Vol.1, № 2. – P.331–480.
2. Delaram, H. Optimal Thermal Placement and Loss Estimation for Power Electronic Modules / H. Delaram, Al. Dastfan, M. Norouzi // IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology. – 2018. – Vol. 8, № 2. – P. 236–243.
3. Bornoff R. Heat sink design optimization using the thermal bottleneck concept / R. Bornoff, B. Blackmore, J. Parry // Proc. of the 27th IEEE SEMI-THERM Symposium. – San Jose, 2011. – P. 76–80.