

Семь раз — расчет, один раз — тест

В данной статье на примере решения тепловой задачи сравниваются плюсы и минусы двух инженерных подходов к проектированию — компьютерных расчетов и лабораторных испытаний.

Михаил Гончаров

mg.lh@ya.ru

При проектировании современных устройств электроники, будь то светодиодный светильник, усилитель или частотный преобразователь, разработчики сталкиваются с почти философской дилеммой: довериться инженерным расчетам и компьютерному моделированию или же каждую идею реализовывать на опытных образцах в лаборатории.

Аргументы «за» и «против» очевидны: расчеты быстры и экономичны, но содержат некоторую погрешность, которая зависит от качества моделирования, в то время как тестирование опытного образца дает заведомо достоверные сведения, но занимает

много времени и стоит больших денег. И если при разработке светодиодного светильника речь при лабораторных испытаниях может идти о десятках тысяч рублей, то при проектировании, например, тягового преобразователя подвижного состава лабораторные тесты уже могут стоить миллионы (и не всегда рублей)...

В данной статье на примере решения тепловой задачи мы рассмотрим, не слишком ли «велики глаза» у страха перед погрешностью моделирования и всегда ли эксперимент безошибочен.

Дабы исключить возможность ошибок на стадии расчетов мощностей тепловых потерь, токов и напряжений, мы будем исследовать теплообмен четырех резисторов, установленных на радиатор. Условия эксперимента:

- источники тепла — резисторы Arcol HS25;
- тепловая мощность, излучаемая каждым резистором, — 22,5 Вт;

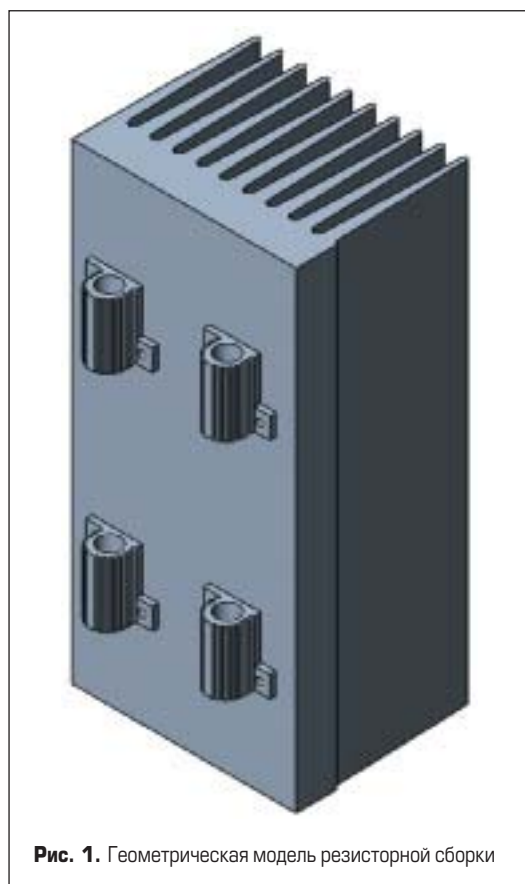


Рис. 1. Геометрическая модель резисторной сборки

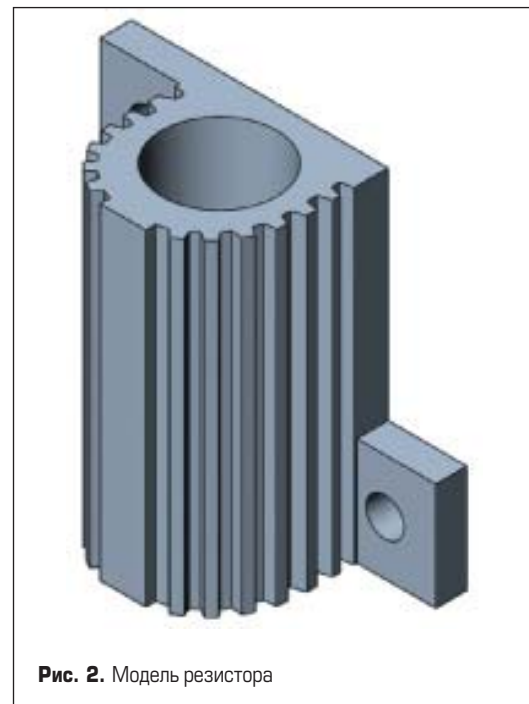
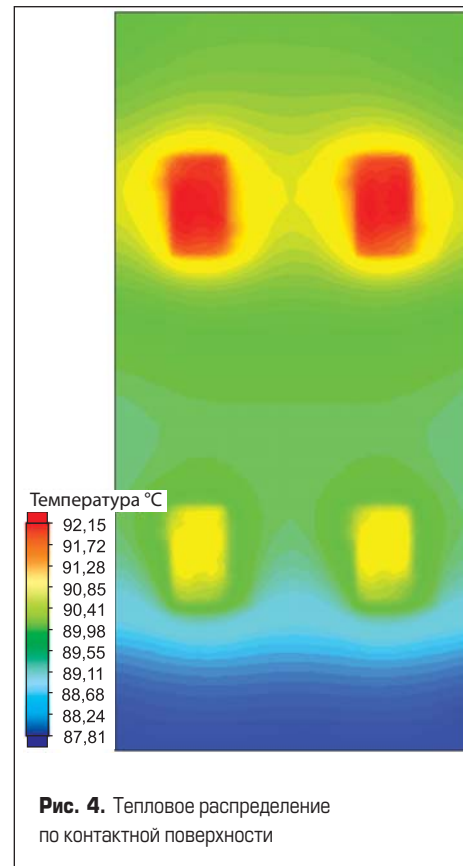
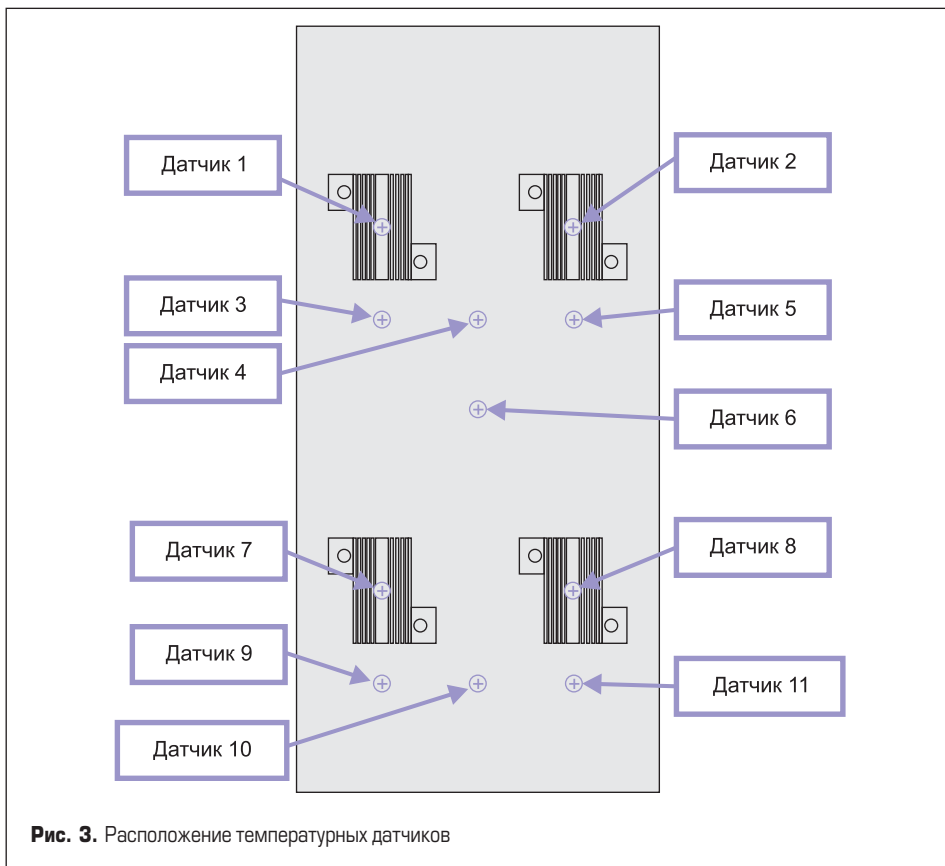


Рис. 2. Модель резистора



- материал корпуса резистора — сплав алюминия 6063-T5 ISO209-1;
- охлаждение естественное;
- базовый профиль охладителей P16 (Semikron);
- материал охладителей — сплав алюминия 6063-T5 ISO209-1;
- теплопроводная паста Arctic Cooling MX-4;

- температура окружающей среды (воздух, давление атмосферное) при моделировании лабораторных испытаний установлена +22 °С.

Геометрическая модель сборки показана на рис. 1.

Модель резистора (рис. 2) представляет собой корпус с цилиндрическим вырезом, где размещается сам резистор. Тепловая мощность прикладывается к поверхности выреза.

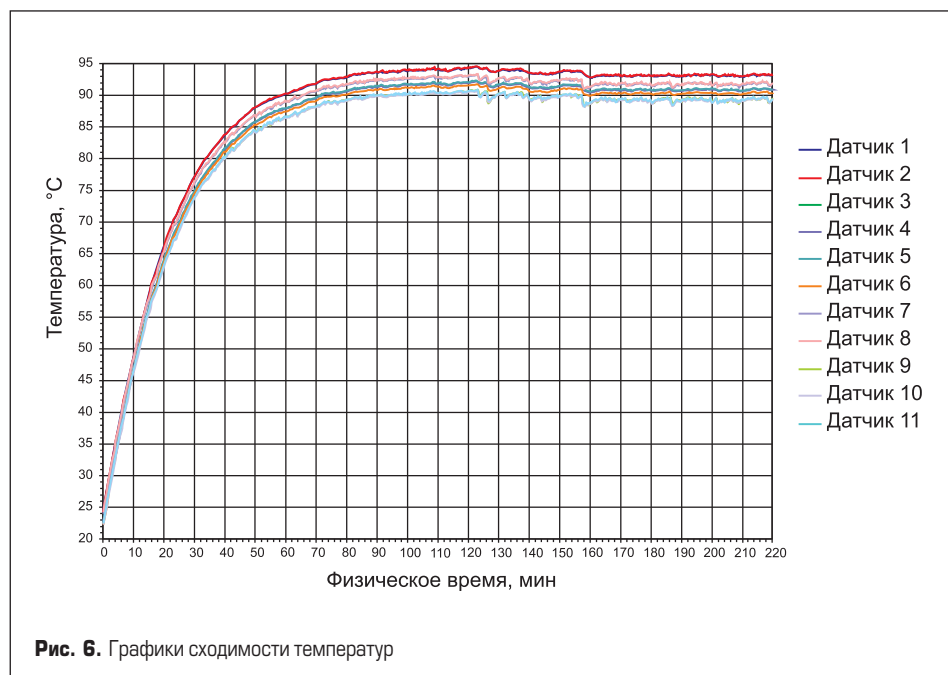
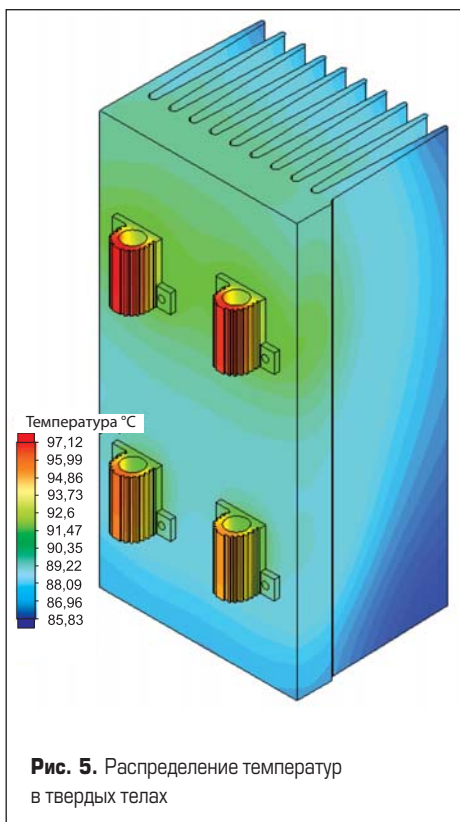
На рис. 3 показано расположение температурных датчиков.

Силами компании «ЛН-Инжиниринг» было проведено компьютерное модели-

рование тепловых процессов указанной сборки, а на предприятии ООО НТЦ «Приводная техника» был изготовлен опытный образец и параллельно проведены лабораторные исследования. На рис. 4 показана эпюра теплового распределения по контактной поверхности охладителя после стабилизации температуры.

На рис. 5 представлена поверхностная эпюра температурного распределения по охладителю и корпусам резисторов.

На рис. 6 показаны графики сходимости температур датчиков.



Максимальная температура охладителя в установившемся режиме составляет +93 °С. Тепловое сопротивление охладителя рассчитываем по формуле:

$$R_{th} = (T_{max} - T_o) / W,$$

где: T_{max} — максимальная температура охладителя; T_o — температура окружающей среды; W — суммарная приложенная мощность ($W = 22,5 \times 4 = 90$ Вт).

Отсюда получаем:

$$R_{th} = (93 - 22) / 90 = 0,79 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Письмо о результатах лабораторных исследований опытного образца представлено на рис. 7. Результаты моделирования и эксперимента совпали, погрешность оказалась в пределах 1 °С.

* * *

Таким образом, при качественном инженерном моделировании точность расчетов будет достаточной для принятия необходимых решений разработчика без проведения эксперимента в процессе проектирования. Тем не менее эксперимент все же необходим для того, чтобы подтвердить отсутствие ошибок в исходных данных. Но применение точного компьютерного моделирования кратно уменьшит затраты времени и средств на промежуточных этапах при анализе идей и вариантов решения задачи.

Кроме того, логически эксперимент отличается от расчета тем, что первый — это всегда только частный случай, в то время как моделирование — это описание общих процессов, происходящих в устройстве. То есть эксперимент тоже может содержать погрешность: брак комплектующих, ошибки при сборке, погрешность приборов измерения, вариативность окружающей среды и мн. др. факторы могут дать результаты по частному случаю.

Расчет и эксперимент отлично дополняют друг друга, позволяя наиболее экономично, точно и быстро решить поставленную задачу, многократно проводя теоретические исследования и единожды подтверждая правильность выведенного ответа на практике.



Рис. 7. Письмо о результатах лабораторных испытаний