

А.Н. Агафонов, Г.Ф. Краснощекова

Самарский государственный аэрокосмический университет им.  
С.П.Королева, г.Самара

В данной работе рассматривается применение имитационного моделирования для нахождения оптимальной картины распределения тепловых полей в РЭС.

В основе любого рода моделей лежит концептуальная схема моделируемого процесса и аппарат его описания. Концептуальной схемой в анализе тепловых полей является потоковая сеть с дискретными элементами. В работе используются диаграммы состояний дискретных элементов (радиоэлементов, элементов конструкции) в сети, поведение которых может быть представлено как перемещение в пространстве состояний. Значит имитационные модели опираются на иную концептуальную схему представления системы, чем модели формирования структуры сети, а именно на схему диаграмм состояний элементов системы.

К числу достоинств рассматриваемого метода можно отнести следующее:

1. Машинный эксперимент с имитационной моделью дает возможность исследовать особенности функционирования системы в любых условиях.
2. Имитационная модель позволяет включать результаты натуральных испытаний реальной системы.
3. Имитационная модель обладает определенной гибкостью варьирования структуры, алгоритмов и параметров моделируемой системы.
4. Имитационное моделирование систем часто является единственным практически реализуемым методом исследования процесса функционирования системы на этапе ее проектирования.

Параметрами модели являются теплофизические характеристики материалов: коэффициент теплопроводности, теплоемкость, плотность; габаритные размеры конструкции, размеры, число и мощности источников тепла.

Выходным параметром является средняя температура системы  $T_{ср}$ , величина относительного перегрева, а также возможные локальные перегревы.

Выбранный объект моделирования представляет собой многослойную структуру и состоит из материалов с различными физическими свойствами. Главной задачей моделирования является исследование процесса передачи тепловой энергии от источников тепла по всей многослойной конструкции.

Для описания нестационарных тепловых процессов в многослойных конструкциях использован метод Л.В. Канторовича. Математическая модель для многослойной пластины, многослойного шара и цилиндра при переменных в пределах каждого слоя теплофизических коэффициентах имеет

вид.

$$\lambda(\rho) \frac{\partial T_{i+1}}{\partial \rho} = \frac{\alpha_i(\rho)}{m_i \pi \cdot R_i} \times \left\{ \lambda(\rho) (\rho R + R_i) \frac{\partial T_{i+1}(F_i)}{\partial \rho} \right\} + \frac{\alpha_i(\rho)}{\alpha} R^2 q_i(\rho, F_i)$$

$$(F_i > 0; \rho_{i-1} < \rho \leq \rho_i; i = \overline{1, m}; \rho_m = 0; \rho_0 = 1)$$

$$\frac{\partial T_i(0, F_0)}{\partial \rho} - B_{i-1} [T_i(0, F_0) - T_{i-1}(F_0)] = 0$$

$$T_i(\rho_i, F_0) = T_{i+1}(\rho_i, F_0);$$

$$\lambda [\partial T_i(\rho_i, F_0) / \partial \rho] = \lambda_{i+1} [\partial T_{i+1}(\rho_{i+1}, F_0) / \partial \rho] \quad \left\{ (i = \overline{1, m-1}) \right.$$

$$T_i(\rho, 0) = T_{0i}(\rho)$$

$$\frac{\partial T_m(1, F_0)}{\partial \rho} - B_2 [T_{c1}(F_0) - T_m(1, F_0)] = 0$$

где  $\rho = (r - R_0) / (R_m - R_0)$ , безразмерная координата,  $m$  — число контактирующих тел,  $\epsilon = 1, 2, 3$  для пластины, цилиндра и шара,  $\alpha$  — наименьший из коэффициентов теплопроводности,  $T_{c1}, T_{c2}$  — температуры сред.

Имитационная система может рассматриваться как машинный аналог сложного реального процесса. Она позволяет заменить натуральный эксперимент экспериментом с математической моделью этого процесса в ЭВМ.

В настоящее время имитационные эксперименты широко распространены в практике проектирования сложных систем, когда реальный эксперимент невозможен.

#### Литература:

1. Иванищев В.В. Автоматизация моделирования потоковых систем, Ленинград: Наука, 1986.

## ОТРАЖЕНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ В ПОДГОТОВКЕ РАДИОИНЖЕНЕРОВ-КОНСТРУКТОРОВ

В.Н. Кулагин, Н.В. Рубан

Омский государственный технический университет, г.Омск

Современный этап развития радиоэлектроники характеризуется высокой степенью интеллектуализации и автоматизации проектируемых систем и устройств, а сам процесс проектирования все больше смещается в область