

Рассмотрим результаты решения новой задачи с помощью электро моделирующего устройства.

Штамп с плоским основанием сложной формы в плане вдавливается в изотропное упругое полупространство под действием центрально приложенной силы P , рис. 4. Полагаем, что нагрузка вне штампа и силы трения между штампом и упругим полупространством отсутствуют. На рис. 5 показаны линии контактных давлений, где $\alpha = c/2a$.

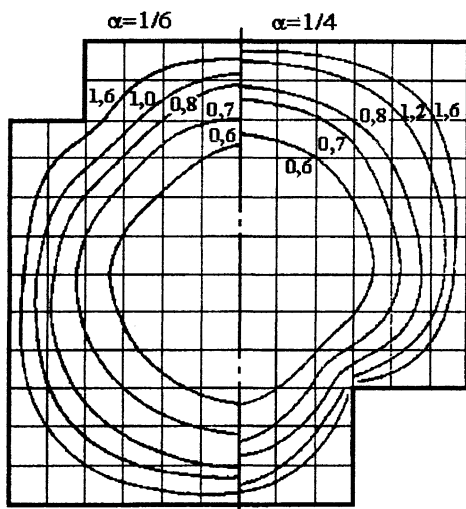


Рис. 5. Линии равных контактных давлений.

Электро моделирующее устройство позволяет также решать задачи для неплоских штампов при действии различной нагрузки, а также задачи о контакте двух упругих тел с учетом тепловыделения и износа.

Литература. 1. Бородачев Н.М., Тариков Г.П. Устройство для решения задач физических полей. Авт. свид. № 434426. Бюл. изобр., 1974. – № 24. 2. Бородачев Н.М., Тариков Г.П. Устройство для моделирования пространственных контактных задач. Авт. свид № 570905. Бюл. изобр., 1977. – № 32. 3. Бородачев Н.М., Тариков Г.П. Устройство для решения пространственных контактных задач. Авт. свид. № 1791829. Бюл. изобр., 1992. – № 32. 4. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости. – М.: ГИТТЛ, 1953. – 264 с. 5. Нейман Л.Р., Калантаров П.Л. Теоретические основы электротехники. Ч. I. – М., Л.: ГЭИ, 1948. – 355 с. 6. Парселл Э. Электричество и магнетизм. – М.: Наука, 1971. – 447 с. 7. Тамм И.Е. Основы теории электричества. – М.: Наука, 1976. – 616 с. 8. Тариков Г.П. и др. Патент РБ. Способ решения пространственных контактных задач теории упругости, № 2200, 1998.

УДК 519:527:669.27

А. С. Бороздин, А. Н. Чичко

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРУППИРОВКИ К РЕШЕНИЮ ТРЕХМЕРНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЗАДАЧИ,

*Белорусский Национальный Технический Университет
Минск, Беларусь*

Одной из важнейших проблем, с которыми приходится сталкиваться при математическом моделировании тепловых процессов 3D объектов является время компьютерного счета. Это время может стать критическим фактором при расчете сложных про-

странственных объектов, состоящих из большого числа элементов при моделировании длительных процессов. В связи с этим затрудняется решение прикладных задач связанных с оптимизацией и управлением режимами нагрева. В данной работе предлагается подход, позволяющий существенно снизить временные затраты при расчете трехмерных тепловых задач по сравнению с классическим конечно-разностным подходом.

Целью настоящей работы является разработка нового метода, основанного на идее группирования температурно-временных функций элементов моделируемого объекта, уменьшающего время расчета процессов длящихся в большом временном промежутке.

В качестве математической модели использовалось трехмерное уравнение теплопроводности Фурье-Кирхгофа:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right), \quad (1)$$

где c – теплопроводность,

ρ – плотность,

$\lambda(T)$ – теплоемкость,

x, y, z – координаты рассчитываемой области объекта и среды,

$T(x, y, z, \tau)$ – температура точки с координатами (x, y, z) в момент времени τ .

В процессе использования метода группирования вычислялась доля групп подобия P_k от общего числа элементов:

$$P_k = \frac{N_k}{M}, \quad (3)$$

где N_k – число обнаруженных групп на k -том такте расчета,

M – общее число элементов, участвующих в расчете.

При решении данной задачи была разработана программа для платформ Windows 9x/ME/NT/2000/XP. Программное обеспечение написано в среде быстрой разработки Delphi 6.0. Входными данными для программы являются теплофизические характеристики объекта, шаги по пространству и по времени. Данная программа использовалась при расчете промышленных отливок типа “диск” и “патрубок”. На рис. 1 представлены трехмерные изображения моделируемых объектов.

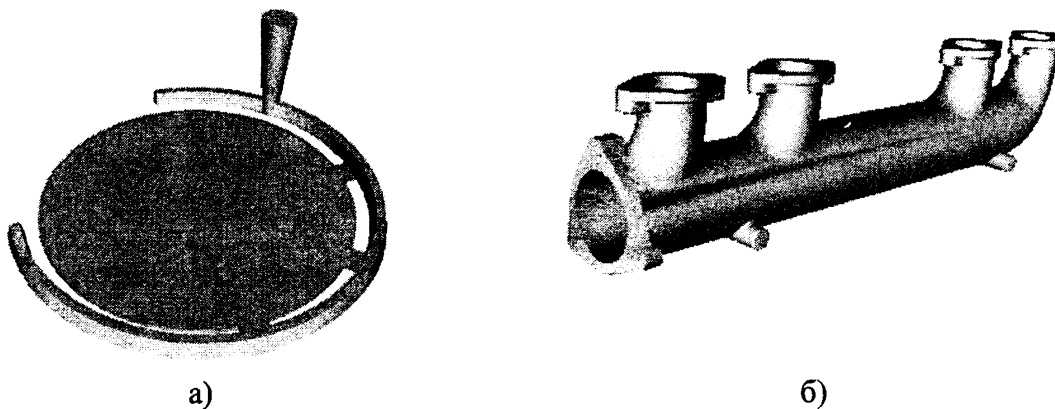


Рис.1. Пространственные изображения промышленных отливок типа а) “диск” и б) “патрубок”

Детали принимались изготовленными из алюминия, со следующими свойствами: теплоемкость, $\lambda = 40 \text{ Вт} \cdot (\text{м} \cdot \text{К})$, теплопроводность, $c = 838 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$, плотность $\rho = 2380 \text{ кг} / \text{м}^3$. Средой охлаждения была выбрана стальная форма со следующими характеристиками: $\lambda = 40 \text{ Вт} \cdot (\text{м} \cdot \text{К})$, $c = 524 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$, $\rho = 7600 \text{ кг} / \text{м}^3$. Начальная температура объектов $t_0 = 800 \text{ C}^\circ$, температура среды $t_c = 20 \text{ C}^\circ$. Для расчета использовался компьютер со следующей конфигурацией: P-IV – 1,5 Гц, 256 Мб ОЗУ. Для объекта типа “диск”

моделирование проводилось для первых 5000 секунд процесса охлаждения, а для объекта типа “патрубок” – для 6000 секунд.

На рис.2 представлены зависимости, описывающие динамику роста долей групп по каждому из моделируемых объектов с течением времени. Из таблицы 1 видно, что для модели типа “диск” выигрыш по времени составил порядка 40%, а для модели типа “патрубок” – 25%. Причем погрешность в обоих случаях составила немногим более 3 С°.

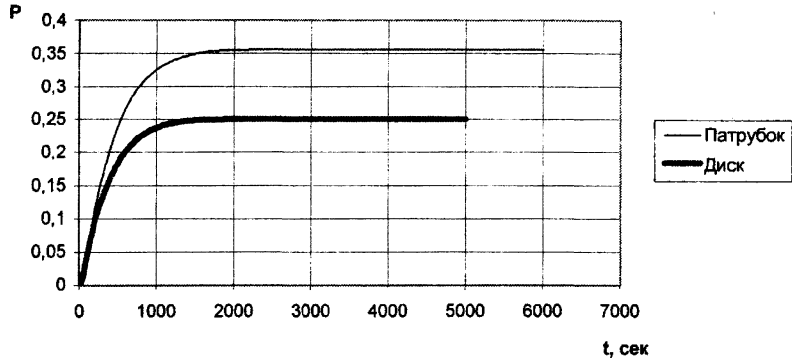


Рис. 2. Диаграмма роста долей групп подобия для объектов типа “диск” и “патрубок”
 Результаты численного моделирования промышленных объектов и их пространственные характеристики

Таблица 1

| № | Объект | Число элементов | Время расчета τ , сек | | Погрешность Q , С° |
|---|----------|-----------------|----------------------------|---------------------|----------------------|
| | | | Традиционный метод | Метод группирования | |
| 1 | ДИСК | 248741 | 9396 | 5432 | 3,108 |
| 2 | Патрубок | 575156 | 22500 | 16833 | 3,13 |

Таким образом, представленные данные показали, что предложенный метод группирования для объектов со сложной пространственной конфигурацией, в применении его к тепловой задаче способен снизить временные затраты при моделировании. Данный метод может быть использован при расчетах деталей, проходящих термическую обработку в печи в течение длительного времени.