

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ КРУГЛОЙ ПЛАСТИНЫ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА ТЕРМОУПРУГОСТИ

К.С.Курочка, Е.В.Комракова

*Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого, Беларусь*

Одним из базовых элементов применяемых во многих конструкциях являются пластины. Воздействие динамических нагрузок на пластины будет происходить значительный их нагрев, что приводит к необходимости учета изменения физических свойств материала пластин при изменении температуры. С этой целью необходимо разработать математическую модель, учитывающую особенности деформирования материалов пластин, т.е. необходимо в стандартную модель добавить учет температур [1]. Эту задачу будем решать путем разделения общей системы уравнений на обычное уравнение нестационарной теплопроводности и уравнений, описывающих задачу о термоупругих напряжениях при заданном температурном поле [2].

Уравнение нестационарной теплопроводности, при условии наличия внутренних источников теплоты q_v , применительно к однородным телам имеет вид [1]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{c\rho} \quad (1)$$

Система уравнений для нахождения напряжений имеет следующий вид [3]:

– уравнения равновесия Навье:

$$\sigma_{ij,j} + F_i = 0; \quad (2)$$

– уравнения Коши:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}); \quad (3)$$

– уравнения совместности деформаций Сен-Венана:

$$\varepsilon_{ki,jl} + \varepsilon_{lj,ik} + \varepsilon_{li,jk} + \varepsilon_{kj,il} = 0, \quad (4)$$

где σ_{ij} – компоненты тензора напряжений;

ε_{ij} – компоненты тензора деформаций;

u_i – компоненты вектора смещений;

F_i – компоненты вектора объемных сил;

$i, j, k, l=1,2,3$.

В выражении (2) и далее по повторяющимся индексам проводится суммирование.

Для замыкания системы (2-4) с учетом тепловых деформаций применим соотношение Дюамеля-Неймана, полученное из опытного факта аддитивности упругих и температурных деформаций:

$$\sigma_{ij} = E_{ijkl}(\varepsilon_{kl} - \alpha_{kl} \cdot \Delta T); \quad (5)$$

где α_{kl} – тензор коэффициентов температурного расширения;

ΔT – изменение температуры;

E_{ijkl} – тензор упругости.

Численному исследованию подвергалась пластина из двух концентрических соприкасающихся колец (рисунок 1) из материалов с разными теплофизическими свойствами. Задавались геометрические параметры пластины, а также граничные условия – температура внутри пластины (T_0) и вне её (T_1).

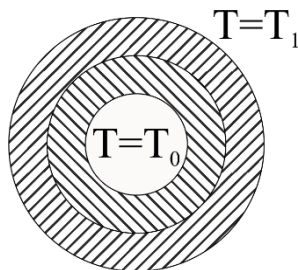


Рисунок 1 – Форма тела и граничные условия

Расчет проводился на основе метода конечных элементов [4]. Ввиду симметрии тела численный анализ проводился для четвертинки пластины. При расчете учитывалась зависимость теплофизических характеристик материала пластины от температуры. Вычисление необратимой работы внутренних сил при деформации (т.е. величина тепловых источников внутри тела) вычислялась по формуле из [3].

Ввиду того, что вычислительный алгоритм предполагал, что температура T_0 могла меняться в процессе вычислений, в том числе и циклично, вычисления проводились с дискретизацией как по вре-

мени, так и по пространству. Для верификации разработанного программного продукта проводился расчет вышеуказанной пластины в случае, когда внутренний материал брался более жестким и с меньшим коэффициентом линейного расширения, чем внешний. В этом случае как радиальные, так и тангенциальные компоненты тензора напряжений отрицательны, как и должно быть с физической точки зрения.

Проведенные расчеты показали, что высокая температура может привести к значительному изменению физических свойств материала, в результате чего деталь становится менее прочной, что приводит к более быстрому её износу и поломке. Учет изменения температуры имеет актуальность только при длительном воздействии динамической нагрузки и при пластической деформации.

Литература

1. Писаренко, Г.С. Сопrotивление материалов [Текст]. – Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1979. – 694 с.
2. Коротких, А.Г. Теплопроводность материалов [Текст]. – Томск: Изд-во Томского политического университета, 2011. – 452 с.
3. Голованов, А.И. Теоретические основы вычислительной нелинейной механики деформируемых сред [Текст]. – Казань, 2008. – 164 с.
4. Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов [Текст]. – М.:Мир, 1979. – 392 с.

УДК 697. 922

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА САМООРГАНИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТИ «УМНЫХ» ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ, СУММАРНАЯ МОЩНОСТЬ КОТОРЫХ ПРЕВЫШАЕТ ЛИМИТИРОВАННУЮ МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБОГРЕВАЕМОГО ОБЪЕКТА

*А.М.Заславский, В.В.Ткачѐв, П.Ю.Огеенко
Национальный горный университет, Украина*

Объектом моделирования является рассредоточенная децентрализованная система электрообогрева помещений, разрабатываемая в качестве альтернативы традиционным (централизованным) способам отопления. Интеллектуальными элементами системы являются «умные» соединители (смартконы), обеспечивающие разъѐмное подключение электронагревательных приборов к розеткам электро-