ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ИЗЛУЧЕНИЯ В НЕОГРАНИЧЕННОМ ЦИЛИНДРЕ

Чудинов В.В., Муллаянов Ю.Р.

г. Бирск, ФГБОУ ВПО Бирский филиал БашГУ

В настоящее время в обстановке высокого теплового воздействия, например, в условиях повышенной солнечной радиации, а также при визуальном контроле высокотемпературных процессов в различных областях производства, например в металлургии, стекловарении и т.п., а также для защиты изделий и устройств, работающих при большой плотности энергии излучения, требуется увеличить время нагревания (остывания) поверхности с целью предотвращения поломки оборудования [1]. Для решения данной проблемы используют покрытия с требуемыми свойствами.

Покрытие – слой или несколько слоев материалов, искусственно нанесенные на поверхность (подложка). Для создания подложки используются различные способы нанесения покрытий. Защищая основу изделия, изготовленную из недефицитного материала, от различных вредных воздействий или придавая ей какие-либо особые поверхностные свойства, тонкие покрытия позволяют экономить дорогие, редкие или трудно изготавливаемые материалы и тем самым получать значительный экономический эффект. Часто изделие вообще не может быть изготовлено без нанесения покрытий.

Рассмотрим теплоперенос в неограниченном цилиндре (рис. 1). Тем самым пренебрегается направление переноса тепла по оси z, и анализируется уравнение теплопроводности для осесимметричной задачи [2]. На границе области решения будет моделироваться теплообмен за счет конвекции и излучения. Теплоперенос излучением рассматривается на основе закона Стефана-Больцмана.

Нам известна температура на границе и в середине цилиндра в заданный момент времени. Необходимо определить на границе R величину интегрального коэффициента.

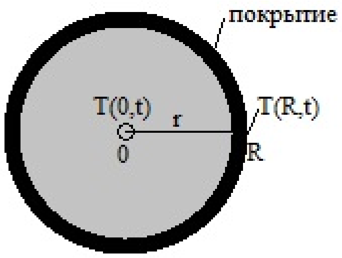

Рис. 1. Геометрия задачи

Таким образом, сформулированная физическая задача в математической постановке будет выглядеть так:

$$\frac{\partial T(r,t)}{\partial t} = a\left(\frac{\partial^2 T(r,t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T(r,t)}{\partial r}\right)$$

с начальным условием

$$T(r,0) = T_0 \equiv const$$

и граничными условиями

$$\begin{cases} T(0,\tau) = T_1 \equiv const, \\ T(R,\tau) = T_2 \equiv const, \\ \dfrac{\partial T(0,t)}{\partial r} = 0, \\ \lambda \cdot \dfrac{\partial T(R,t)}{\partial r} = -\varepsilon\sigma\left(T^4(R,t) - T_{cp}^4\right) - \alpha\left(T(R,t) - T_{cp}\right), \end{cases}$$

где $a = \dfrac{\lambda}{\rho c}$ - коэффициент температуропроводности, λ - теплопроводность, ρ - плотность, c - удельная теплоемкость, T - текущая температура образца, T_0 - начальная температура образца, T_1 - температура на левой границе, T_2 - температура на правой границе, T_{cp} - температура окружающей среды, $t \in [0,\tau]$ - время, $r \in [0,R]$ - радиус, ε - интегральный коэффициент излучения, α - коэффициент конвективного теплообмена, $\sigma = 5{,}6687 \cdot 10^{-8}$ $\dfrac{Вт}{м^2 \cdot K^4}$ - постоянная Стефана-Больцмана.

В качестве образца мы взяли нержавеющую сталь с неизвестным покрытием. Для численного решения поставленной задачи разработана программа на языке Pascal ABC с использованием явной схемы метода сеток. Величину коэффициента ε вычисляем параметрически.

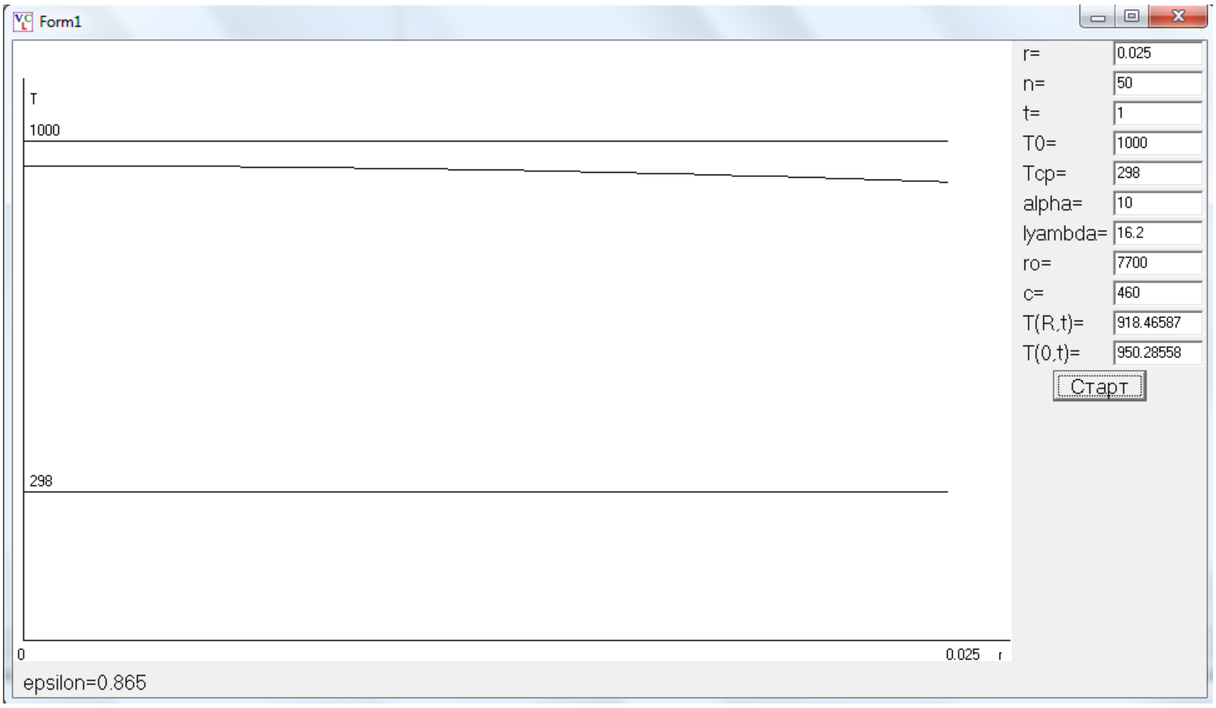

Рис. 2. Распределение температуры в цилиндре

Результат расчетов показывает, что величина интегрального коэффициента излучения для образца с неизвестным покрытием при заданных значениях $\varepsilon = 0.865$.

Литература

1. Аппен А.А. Температуроустойчивые неорганические покрытия. Л.: Химия, 1976. 241 с.

2. Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Разностные методы решения задач по теплопроводности. Томск: ТПУ, 2007. 172 с.