

УДК 534.1:536.2.01

## **НЕЛИНЕЙНЫЕ ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ В СРЕДЕ С «ТЕПЛОВОЙ ПАМЯТЬЮ»**

**О. Н. Шабловский, И. А. Концевой**

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

В статье представлены результаты исследования вынужденных колебаний большой амплитуды в неподвижной сплошной среде с «тепловой памятью». Теплофизическая модель включает в себя уравнение баланса энергии и закон Максвелла релаксационного теплопереноса. Вынужденные колебания возбуждаются поверхностным источником энергии, действующим на левую границу образца:

$$q(x = 0, t) = q_0(t), \quad T(x = h, t) = T_w \equiv \text{const}; \quad q(x, t = 0) = 0, \quad T(x, t = 0) = T_w,$$

где  $x$  – декартова координата;  $t$  – время;  $q$  – удельный тепловой поток;  $T$  – температура. Образец материала представляет собой плоскую пластину толщины  $h$ , расположенную перпендикулярно вектору теплового потока, направленного на пластину. Здесь  $q_0(t)$  – плотность потока энергии, поглощенной поверхностью образца материала;  $T_w$  – температура правой стенки;  $x \in [0, h]$ ,  $t \geq 0$ . Импульсно-периодическое тепловое воздействие на материал изучено для двух вариантов: 1) постоянная частота колебаний,  $q_0(t) = H(\sin(pt/2))^2$ ;  $p, H - \text{const}$ ; 2) частота возбуждения  $p(t)$  – немонотонная функция времени,  $q_0(t) = H(\sin(P(t)/2))^2$ ;  $p(t) = dP(t)/dt$ . Сильная физическая нелинейность процесса обусловлена экспоненциальной температурной зависимостью коэффициента теплопроводности:  $\lambda(T) \sim \exp(nT)$ ;  $n \equiv \text{const}$ . Разработанный алгоритм численного моделирования данного процесса допускает представление  $\lambda(T)$  в виде линейной комбинации нескольких экспонент. Подробно изучены резонансные свойства системы «среда – поверхностный источник энергии». Представлены закономерности проявления динамического теплового гистерезиса в условиях локальной неравновесности и нелинейности процесса. На рис. 1 представлен типичный пример расчета. Основные обозначения такие же, как в [1].

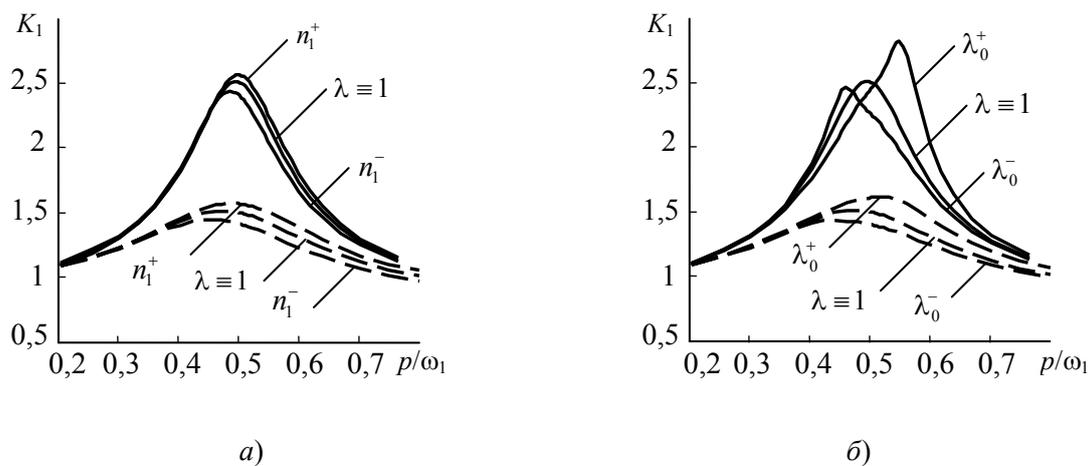


Рис. 1. Резонансные кривые полуоткрытого резонатора для различных видов нелинейных сред: а – для монотонно убывающей и монотонно возрастающей зависимости  $\lambda(T)$ ; б – для немонотонной зависимости  $\lambda(T)$ , имеющей минимум и максимум

Данная работа является продолжением исследований [1].

#### Л и т е р а т у р а

1. Шабловский, О. Н. Нелинейные свойства вынужденных колебаний локально-неравновесного теплового поля / О. Н. Шабловский, И. А. Концевой // Тепловые процессы в технике. – Т. 2, № 6. – 2010. – С. 267–274.