

ВЫНУЖДЕННЫЕ ТЕПЛОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ В НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЕ «МАТЕРИАЛ – ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ»

О. Н. Шабловский, Д. Г. Кроль

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Изучается уравнение синус-Гордона следующего вида:

$$T_{tt} - T_{\alpha\alpha} = k_v(T, t), \quad (1)$$

$$k_v(T, t) = -\sin[T - T_0 + f(t)] + k_1^2 f(t).$$

Физическое истолкование решения дается в терминах теории теплопереноса. Приняты обозначения: T – температура; q – удельный тепловой поток; t – время; x – декартова координата; $k_v(T, t)$ – функция, описывающая мощность источников

энергии; $\alpha = x/w$; w – скорость распространения тепловых возмущений; независимая переменная в роли нижнего индекса означает частное дифференцирование по этой переменной. Источниковый член $k_v(T, t)$ имеет два отличительных признака: а) отклонение аргумента синуса есть периодическая функция времени, $f(t) = f_1 \sin k_1 t$, $f_1, k_1 = \text{const}$; б) внешний источник энергии $k_1^2 f(t)$ имеет амплитуду $A_1 = f_1 k_1^2$, пропорциональную квадрату частоты k_1^2 . Функция $\Theta(\alpha, t) = T - T_0 + f(t)$ удовлетворяет уравнению $\Theta_{\alpha\alpha} - \Theta_{tt} = \sin \Theta$. В отсутствие внешнего возбуждения ($f_1 = 0$) периодическое по t решение уравнения (1) обладает «собственной» частотой $\sqrt{1-m^2}$, $0 < m^2 < 1$. Отношение частот $a = \sqrt{1-m^2} / k_1$ является важнейшим параметром задачи. В статье представлены результаты исследования уравнения (1) по следующим направлениям: 1) влияние частотного параметра a на пространственно-временную структуру теплового поля, на его градиентные и гистерезисные свойства; построение трехмерных (T_t, T_α, T) фазовых портретов системы; 2) когерентность колебаний в системе «среда – реономный источник энергии»; 3) производство энтропии σ в поле внешнего периодического источника и анализ (q, σ, T) фазовых портретов системы. На рис. 1 представлены два примера нетривиального поведения изучаемой системы.

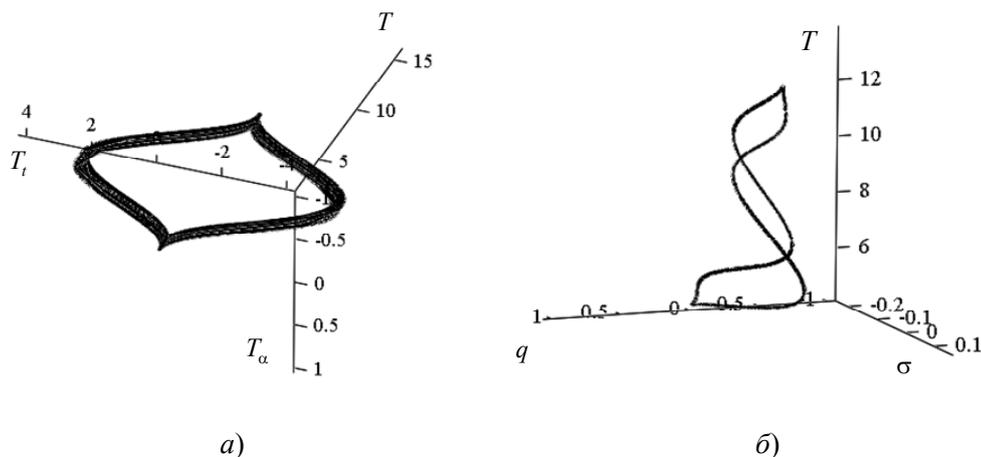


Рис. 1

Прикладные аспекты данной работы связаны с проблемой локально-неравновесного теплопереноса при взрывной кристаллизации аморфных пленок [1], [2].

Литература

1. Shablovsky, O. N. // Crystallography Reports, Vol. 50, Sappl. 1. – 2005. – P.S. 62–67.
2. Шабловский, О. Н., Кроль Д. Г. // Тепловые процессы в технике. – № 5. – 2010. – С. 203–207.