

О. Д. П р я х и н а, М. В. С а м о й л о в, А. В. С м и р н о в а (Краснодар, КубГУ). К моделированию волновых процессов в составных пьезоэлектрических средах.

Актуальность исследований, посвященных изучению закономерностей проявления пьезоэффекта в деформируемых средах, обусловлена как широким использованием во многих отраслях науки и техники устройств, функционирующих на основе взаимодействия механических и электрических полей, так и развитием новых технологий производства искусственных материалов, обладающих хорошо выраженными пьезоэлектрическими свойствами. К числу важных проблем, возникающих при проектировании пьезоэлектрических преобразователей различного типа, относятся определение волноводных свойства материалов и конструкций, а также обеспечение их механической и электрической прочности. Одним из подходов к решению указанных проблем является сведение уравнений электроупругости со смешанными граничными условиями к системам интегральных уравнений (СИУ). При этом электроды, представляющие собой тонкие металлические накладки, моделируются системой поверхностных и/или внутренних абсолютно жестких включений. В [1], [2] предложен эффективный метод исследования динамических задач теории упругости для многослойных полуграниченных сред, содержащих множественные жесткие включения. На его основе для составных пьезоэлектриков, принадлежащих классу *bmm* гексагональной сингонии, получены рекуррентные формулы построения матриц-символов ядер искоемых СИУ, изучены их свойства [3].

Для некоторых частных краевых задач аналитические представления элементов и определителей матриц-символов ядер СИУ построены в виде отношения целых функций, что позволяет эффективно исследовать структуру волновых полей в пьезоэлектрических средах с совокупностью электродов. В частности, если рассматриваются сдвиговые гармонические колебания двухслойного пьезоэлектрика, верхняя грань которого является непроводящей и свободной от механических нагрузок, а нижняя — жестко заземленной, металлизированной и закороченной, то относительно вектора $\Delta \mathbf{t} = \{\Delta \tau, \Delta d\}$, имеющего своими компонентами скачки сдвиговых напряжений и нормальной составляющей вектора электрической индукции на электроде, приходим к СИУ вида

$$\int_{-a}^a \mathbf{k}(x - \xi) \Delta \mathbf{t}(\xi) d\xi = \mathbf{u}(x), \quad |x| \leq a, \quad \mathbf{k}(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{\delta} \mathbf{K}(\alpha) e^{-i\alpha x} d\alpha.$$

Сдвиговые перемещения $v(x)$ и электрический потенциал $\varphi(x)$, являющиеся компонентами вектора \mathbf{u} , считаются заданными в области расположения электрода $\{|x| \leq a, -\infty < y < +\infty, z = -2h_1\}$. Решение СИУ строится методом фиктивного поглощения [4], одним из достоинств которого является возможность аналитического выделения корневой особенности решения на краях электрода. Если на электроде задается только электрический потенциал, то приходим к интегральному уравнению свертки относительно $\Delta d(x)$. Подобно коэффициенту интенсивности контактных напряжений вводится коэффициент интенсивности плотности электрического заряда $K_q^{\pm}(\omega) = \lim_{x \rightarrow \pm a \mp 0} [\Delta d(x) \sqrt{x \pm a}]$, являющийся основной характеристикой, отвечающей за электрическое разрушение пьезоэлектрика. Для материалов, широко применяемых в электронике, таких как селенид кадмия, оксид цинка, титанат бария и пьезокерамика ЦТС-19, проведен анализ распределения скачка нормальной составляющей вектора электрической индукции на электроде и зависимости коэффициента интенсивности плотности электрического заряда от параметров задачи.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 08-08-00144, 09-01-96501, 09-01-96502), Рособразования (проект 1.7.08), гранта Президента РФ (НШ-2298.2008.1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пряхина О. Д., Смирнова А. В.* К исследованию динамики пакета упругих слоев с совокупностью жестких включений. — ДАН, 2006, т. 411, № 3, с. 330–333.
2. *Пряхина О. Д., Смирнова А. В.* К исследованию волноводных свойств пакета упругих слоев с совокупностью жестких включений. — Изв. РАН. МТТ, 2009, № 3, с. 55–65.
3. *Пряхина О. Д., Смирнова А. В.* Динамические задачи для составных пьезоэлектриков с системой электродов. — Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества, 2009, № 1, с. 59–65.
4. *Ворович И. И., Бабешко В. А., Пряхина О. Д.* Динамика массивных тел и резонансные явления в деформируемых средах. М.: Научный мир, 1999, 246 с.