

УДК: 539.3

О.Б. Калашникова, студент

Е.С. Кисель, преподаватель

Л.П. Вовк, доктор технических наук, профессор

Автомобильно-дорожный институт ГВУЗ

„Донецкий национальный технический университет”

г. Горловка, Украина

e-mail kisel_ekaterina@i.ua

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕОДНОРОДНОЙ ТЕРМОУПРУГОЙ ПЛАСТИНКИ НА ЯВЛЕНИЕ КРАЕВОГО РЕЗОНАНСА

Элементы конструкций современной техники при их изготовлении и эксплуатации часто испытывают высокотемпературное влияние окружающей среды при одновременном действии на них силовой нагрузки. Правильное предвидение последствий такого нагружения элементов конструкций с точки зрения обеспечения их прочности и надежности является ключевой проблемой в различных отраслях промышленности, в частности, машиностроении.

Одним из факторов влияния на напряженно-деформированное состояние, вызванное приложенными нагрузками в условиях температурного поля, является учет в математических моделях геометрических характеристик исследуемого объекта. Основанием для проведенных в данной работе исследований являются модели и методы классической термоупругости, предусматривающие независимость тепловых и механических характеристик материала от температуры. Сформулированная в работе задача термоупругости является связанной, и построение ее решения сводится к определению напряженно-деформированного состояния тела с учётом температурного поля тела и приложенными к нему силовыми нагрузками.

Решение исходной задачи строится при помощи модификации метода суперпозиции. Исходные граничные условия и условия сопряжения заменяются более простыми (так называемыми перекрестными) условиями, которые позволяют аналити-

чески построить общее решение вспомогательной задачи. Возврат к исходным граничным условиям приводит к системе интегральных уравнений относительно неизвестных функций, определяющих вспомогательные условия. Для решения полученной системы применяется метод Бубнова-Галеркина, в котором координатные функции подбираются с учетом особенностей волнового поля в окрестности точек границ и угловых точек области. Это позволяет оптимизировать процесс решения и свести систему интегральных уравнений к бесконечной системе алгебраических уравнений с известной асимптотикой неизвестных.

С помощью данного алгоритма был проведен анализ влияния температурного фактора на локальную концентрацию напряжений и распространение гармонической волны в термоупругом слое. Асимптотический анализ подтвердил слабую связанность поля температуры с полем деформации в окрестности точек границ и угловых точек исследуемой области. Подробно алгоритм решения данной задачи рассматривается в [1-2].

Объектом исследования является тонкая поперечно-неоднородная пластинка, которая в системе $\alpha_1 O \alpha_2$ занимает область $D = G^{(1)} \cup G^{(2)}$ (рис.1).

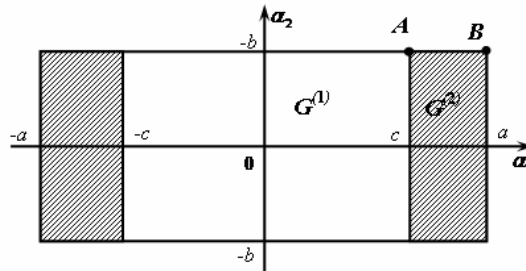


Рис. 1. Геометрия модели

Области $G^{(m)}$ ($m = 1, 2$) сварены друг с другом. Они являются изотропными, имеют различные упругие и температурные (для термоупругой модели) константы, где α_1, α_2 – декартовы координаты. Численное исследование зависимости явления краевого резонанса от геометрии модели проводится для внешних размеров сечения $L = 3$ (параметр $\eta = L^{-1}$). Материал области $G^{(1)}$ – сталь, имеющая свойства: модуль упругости – $1,9e11 \text{ N/m}^2$;

коэффициент Пуассона – 0,29; модуль сдвига – $7,5e10$ N/m²; коэффициент теплового расширения – $1,8e-5$; плотность – 8000 кг/m³; теплопроводность – 16 W/m·K; удельная теплоёмкость – 500 J/kg·K. Область $G^{(2)}$ – свинец: модуль упругости – $1,4e10$ N/m²; коэффициент Пуассона – 0,4; модуль сдвига – $4,9e10$ N/m²; коэффициент теплового расширения – $5,3e-5$; плотность – 11000 кг/m³; теплопроводность – 35 W/m·K; удельная теплоёмкость – 130 J/kg·K. В качестве температурной нагрузки выбирается плотность теплового потока, равная 348 W/m², а также давление на боковые стороны прямоугольника 100 N. Диапазон значений исследуемых частот указываем от 0 до 2000 Гц. Для определения характеристик вибраций (собственных частот и форм колебаний) упругого прямоугольника применяем расчёт для модели, не имеющей начальных напряжений. В случае термоупругого – расчёт с начальными напряжениями. Зависимость значений частот от толщины наплавки для термоупругой и упругой модели представлены на рис. 2-3.

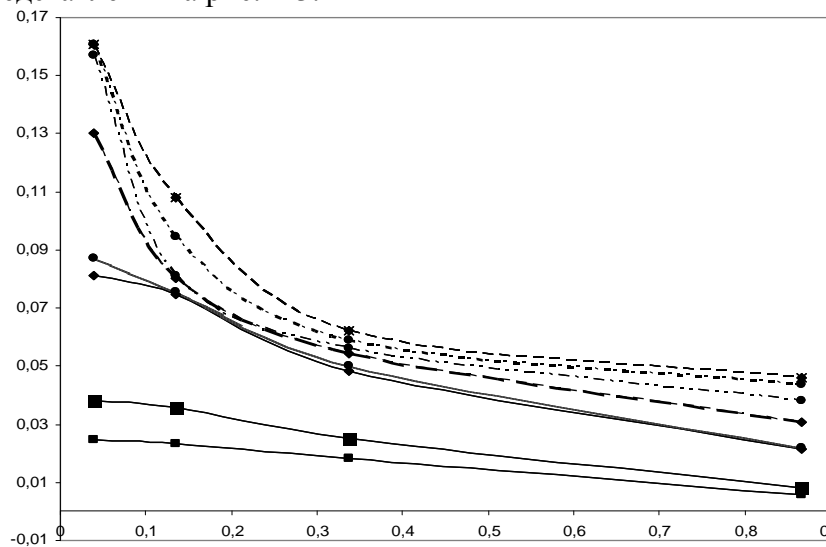


Рис. 2. Зависимость собственных частот от геометрии термоупругой модели

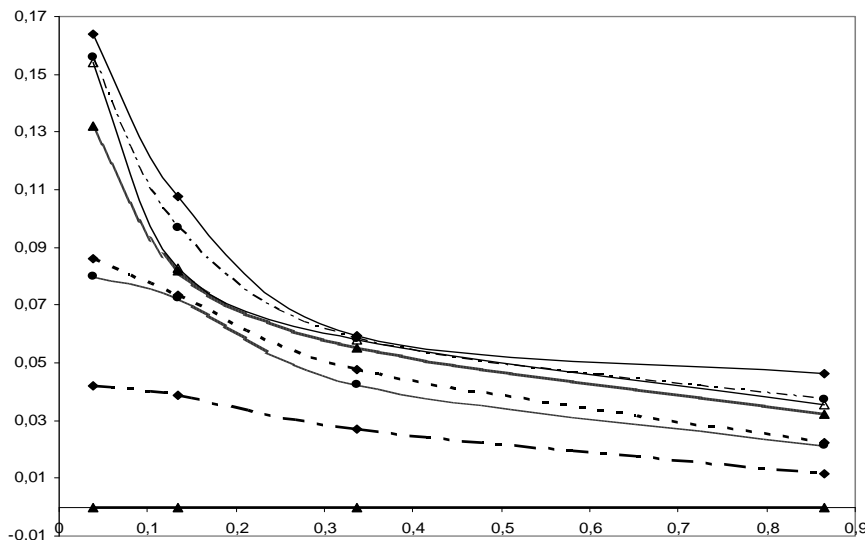


Рис. 3. Зависимость собственных частот от геометрии упругой модели

Результаты свидетельствуют о том, что с увеличением размеров внешних областей уменьшается диапазон изменений значений частот, т.е. практически исчезают признаки краевого резонанса. При небольших же размерах внешних областей диапазон изменения частот значителен как для упругой, так и для термоупругой моделей. Анализ влияния размеров наплавки (область $G^{(2)}$) на интенсивность тонких динамических эффектов в условиях динамических и температурных нагрузок на элементы конструкций, позволяет оптимизировать геометрические параметры сечения с целью улучшения прочностных характеристик неоднородных деталей.

Библиографический список используемой литературы

1. Вовк Л.П. Динамические задачи для тел сложной структуры/ Вовк Л.П.–Ростов-на-Дону: Ростовский гос. стр. ун-т, 2003.169с.
2. Вовк Л.П. Якісний аналіз особливостей концентрації термічних напружень у деталях з нерегулярною границею / Вовк Л.П., Кисіль К.С. – Вісті автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ, Горлівка. – 2009. – №1 (8). – С.13-24.