

Абаза Марина Анатольевна
АД-12, Автомобильные дороги,
Автомобильно-дорожный институт ГВУЗ
„Донецкий национальный технический университет”
руководитель: Кисель Екатерина Сергеевна,
ассистент кафедры «Высшая математика»
Автомобильно-дорожный институт ГВУЗ
„Донецкий национальный технический университет”

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ЛОКАЛЬНУЮ КОНЦЕНТРАЦИЮ НАПРЯЖЕНИЙ В ТЕРМОУПРУГОМ СЛОЕ

I. Введение.

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.

II. Постановка задачи.

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 аналитически 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).

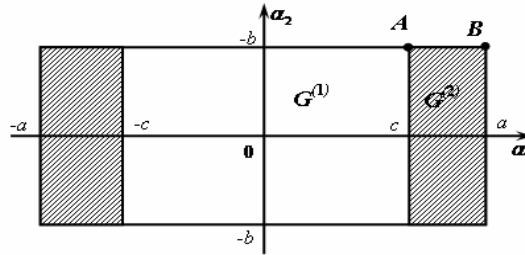


Рис. 1. Геометрия модели

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 – $7,5e10 \text{ N/m}^2$; коэффициент теплового расширения – $1,8e-5$; плотность – 8000 кг/м^3 ; теплопроводность – $16 \text{ W/м}\cdot\text{К}$; удельная теплоёмкость – $500 \text{ J/кг}\cdot\text{К}$. Область $G^{(2)}$ – свинец: модуль упругости – $1,4e10 \text{ N/m}^2$; коэффициент Пуассона – $0,4$; модуль сдвига – $4,9e10 \text{ N/m}^2$; коэффициент теплового расширения – $5,3e-5$; плотность – 11000 кг/м^3 ; теплопроводность – $35 \text{ W/м}\cdot\text{К}$; удельная теплоёмкость – $130 \text{ J/кг}\cdot\text{К}$. В качестве температурной нагрузки выбирается плотность теплового потока, равная 348 W/м^2 , а также давление на боковые стороны прямоугольника 100 N . Диапазон значений исследуемых частот указываем от 0 до 2000 Гц .

III. Результаты.

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.

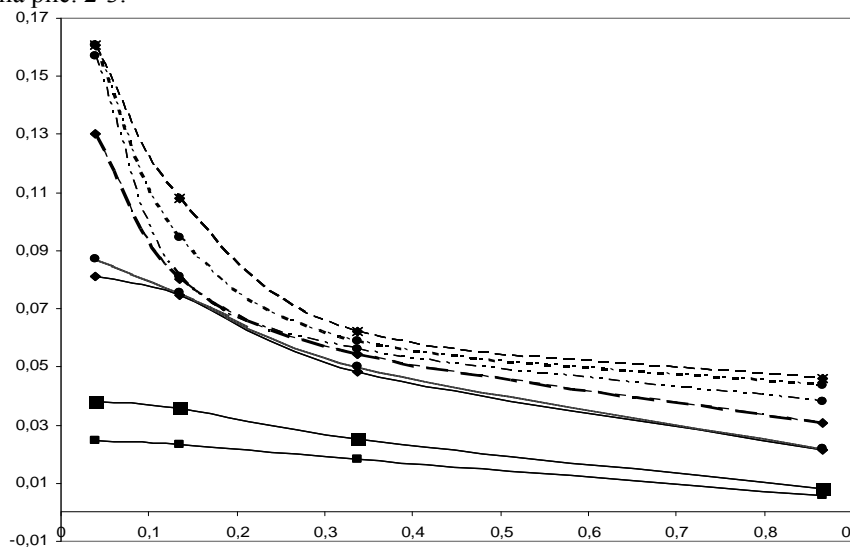


Рис. 2. Зависимость собственных частот от геометрии термоупругой модели

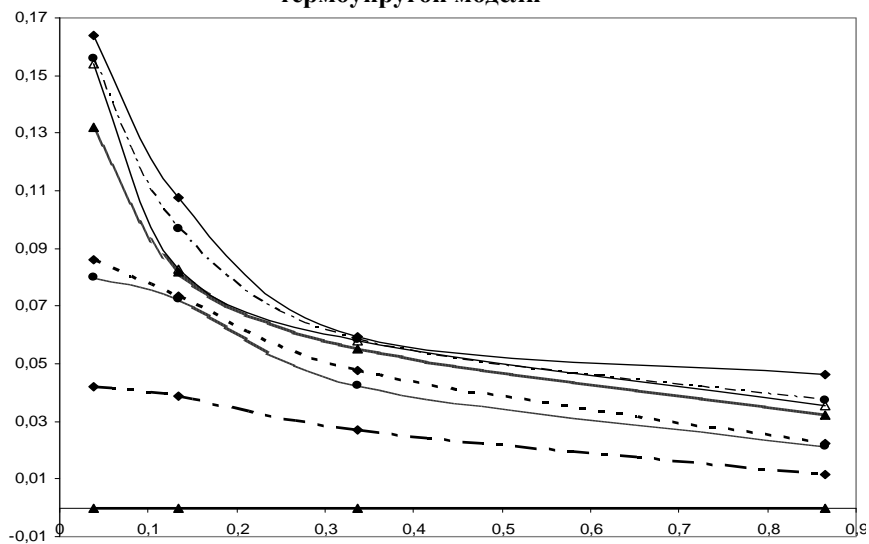


Рис. 3. Зависимость собственных частот от геометрии упругой модели

IV. Выводы.

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 наплавов (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.

V. Литература.

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.