ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИНГУЛЯРНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ В ОКРЕСТНОСТИ ТОЧКИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ФРОНТОВ ТРЁХМЕРНЫХ ТРЕЩИН

Фёдоров А.Ю., Матвеенко В.П., Галкина Е.Б.

Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь
fedorov@icmm.ru, mvp@icmm.ru, galkina.e@icmm.ru

В задачах теории упругости существуют сингулярные решения, обусловленные наличием бесконечных значений напряжений в отдельных точках (линиях) области, называемых особыми. Большой интерес ввиду практического значения представляют особые точки, определяющие вершины пересечения фронтов пространственных трещин. Обзор опубликованной литературы показал, что результатов о сингулярности напряжений для точек пересечения фронтов трёхмерных трещин, представлено мало. Авторы работы [1] исследовали сингулярность напряжений в вершине клиновидной трещины с различными условиями на берегах и в общей вершине пересечения двух клиновидных трещин. В работе [2] представлены результаты для вершины клиновидной трещины с углом раствора 90 градусов в изотропном и анизотропном материалах; в работах [2, 3] исследована общая вершина трёх различных материалов на поверхности составного полупространства. В данной работе исследовано асимптотическое поведение напряжений в окрестности точки пересечения фронтов трёхмерных трещин в изотропном материале, фронты которых перпендикуляры поверхности упругого полупространства. Рассмотрены задачи о пересечении двух, трёх и четырёх трещин. Для численных расчётов использовался метод конечных элементов, реализованный в пакете инженерных расчетов ANSYS. Достоверность численных результатов обеспечивалась использованием конечно-элементных сеток, сгущающихся к точке пересечения фронтов трехмерных трещин, и выбором на основе численных экспериментов степени дискретизации, обеспечивающей необходимую точность решения. В качестве таких дискретизаций использовались конечно-элементные сетки, которые обеспечивали при двукратном уменьшении размеров конечных элементов изменение вычисленных значений перемещений не более чем на два процента. Сравнительный анализ проведён на основе значений средней плотности энергии деформаций, вычисленных для сферы фиксированного размера, центр которой находится в общей вершине фронтов трещин. Установлено, что для трёх и четырёх трещин наибольший уровень средней плотности энергии деформаций достигается для конфигураций, у которых все углы между трещинами относительно их общей вершины равны. Полученные результаты качественно соответствуют реальным картинам поверхностных трещин.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и Пермского края (проект № 20-41-596007).

Литература

[1] Korepanova T.O., Matveenko V.P., Sevodina N.V. Numerical analysis of stress singularity at singular points of three-dimensional elastic bodies // Acta Mech. — 2013. — Vol. 224, No. 9. — P. 2045–2063.
[2] Pageau S.S., Biggers S.B. Finite element evaluation of free-edge singular stress fields in anisotropic materials // Int. J. Numer. Methods Eng. — 1995. — Vol. 38, No. 13. — P. 2225–2239.
[3] Pageau S.S., Biggers S.B. Finite element analysis of anisotropic materials with singular inplane stress fields // Int. J. Solids Struct. — 1995. — Vol. 32, No. 5. — P. 571–591.