

Доклад по материалам диссертации «Численные методы повышенного порядка точности в механике трещин»

А.С. Удалов^{1*}

¹Кафедра газовой и волновой динамики, механико-математический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.

*email: udalets@inbox.ru

Темой диссертации является разработка численных методов в линейной механике разрушения, позволяющих эффективно и точно определять основные характеристики, влияющие на прочность материала, ослабленного трещинами. Современное состояние науки о прочности требует учета роли дефектов материала, что позволяет корректировать предельно допустимые значения напряжений и деформаций конструкционных материалов и более точно описывать поведение тех или иных сред. Для предсказательного моделирования процесса разрушения в средах с большой системой трещин требуется возможность быстрого и эффективного решения многопараметрических задач. Одним из наиболее часто используемых на практике подходов к исследованию подобного рода задач является их решение в рамках линейно упругого приближения. Моделирование в рамках линейной механики разрушения позволяет делать выводы о возможном разрушении тел на основе малого количества констант материала, учитывать сложную структуру трещин, геометрии тела и внешней нагрузки.

В данной работе представлен алгоритм повышенного порядка точности решения плоских задач механики разрушения для линейно-упругой среды, ослабленной произвольной системой трещин. Одной из наиболее сложных задач вычислительной механики разрушения является возможность точного численного определения напряжённо-деформированного состояния материала в окрестности трещин. Разработанный алгоритм позволяет с достаточной для приложений точностью вычислять все необходимые параметры сред, ослабленных трещинами, включая коэффициенты интенсивности напряжений (КИН). Исследован как прямой метод нахождения КИН, основанный на их теоретическом определении, так и метод численного определения коэффициентов интенсивности напряжений, использующий асимптотическое разложение М. Уильямса в вершине трещины. Представленные в работе численные методы применимы как для ограниченных тел, так и для бесконечных областей. С использованием гипотезы о конечности области существенного влияния трещины на распределение искомых полей напряжений разработанные методы, помимо тел с конечным числом дефектов, позволяют моделировать бесконечные периодические системы трещин и определять для них коэффициенты влияния. Исследованы возможности предложенной методики для исследования трещин сложной геометрической конфигурации на примере ломаных трещин. Показано, что наличие V-образного излома приводит к уменьшению коэффициента интенсивности напряжений по сравнению с прямолинейной трещиной той же длины. Также рассмотрены задачи определения распределения температуры при стационарном тепловом нагреве тел с трещинами и представлен численный метод решения таких задач.

Численные методы, предложенные в данной работе, основываются на разложении искомого решения задачи в ряд по базовым функциям, которые являются аналитическими решениями уравнений линейной упругости или теплопроводности, в зависимости от рассматриваемой задачи. Большая часть работы отведена верификации и валидации результатов численных расчетов с результатами других авторов. В тестовых задачах проведено сравнение, как с точными аналитическими решениями, так и с приближенными аналитическими и численными результатами других исследователей. Проведено сравнение с экспериментальными данными. Сравнение производилось для полей напряжений, перемещений и температур, а также для коэффициентов интенсивности напряжений и коэффициентов интенсивности теплового потока. Результаты сравнения показывают вполне удовлетворительную точность разработанной методики расчетов.