

Взаимное влияние трёхмерных трещин в упругом теле

Звягин А.В., Лужин А.А., Шамина А.А.

Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: zvsasha@rambler.ru

Одной из актуальных проблем современной механики разрушения является задача исследования концентрации напряжений в окрестности трещин в трёхмерном пространстве. В настоящее время существуют хорошо развитые эффективные методы решения двумерных задач о трещинах. Одним из таких методов является метод разрывных смещений [1]. Преимуществом данного метода является возможность точного выполнения уравнений теории упругости. При этом граничные условия выполняются на дискретном множестве точек границы, которое можно сделать сколь угодно плотным. Для численного решения трёхмерных задач механики твёрдого деформируемого тела чаще всего используются методы конечных элементов. Но их использование для трещин в трёхмерном пространстве сталкивается с большими трудностями, поскольку построение полей напряжений и перемещений в окрестности трещин требует построения достаточно мелкой, адаптированной к геометрии трещин, сетки из конечных элементов. При наличии системы трещин сложной геометрии задача становится фактически невыполнимой. В данной работе предлагается численный метод граничных элементов, реализующий метод разрывных смещений в трёхмерном пространстве. Преимуществом данного метода является то, что на конечные элементы разбивается только поверхность трещин, моделирующая разрыв упругой среды. Это понижает размерности задачи на стадии её решения. С точки зрения математической теории, данный подход является одной из реализаций метода разложения решения по «не ортогональным» функциям [2]. После численного определения коэффициентов разложения мы имеем фактически аналитическое представление решения в виде конечного ряда внутри области. С точки зрения памяти, нам надо хранить только найденные коэффициенты разложения, позволяющие затем найти любые требуемые характеристики в любой точке области решения. Это существенно с точки зрения простоты практического использования полученного решения. Коды программы реализованы авторами на языке С. Написанная программа протестирована сравнением с известными аналитическими решениями [3], [4], [5]. Сравнение показало хорошее качественное и количественное соответствие имеющимся результатам других авторов. Проведено численное исследование задачи взаимного влияния дискообразных плоских трещин. Рассматривались круглые и эллиптические плоские трещины разной взаимной ориентации и расположения в пространстве [6], [7]. В качестве меры взаимного влияния использовались величины коэффициентов интенсивности напряжений (КИН). Исследования показали, что в отличие от трещин плоской деформации, для трёхмерных трещин расстояние их существенного взаимного влияния, намного меньше. Этот факт говорит в пользу использования трёхмерной постановки задач механики прочности при наличии дефектов в виде трещин. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-07-01111.

Литература:

1. С. Крауч, А. Старфилд. Методы граничных элементов в механике твёрдого тела. М.: Мир, 1987. - 328 с.
2. М.А. Алекеидзе. Решение граничных задач методом разложения по неортогональным функциям. М.: Изд. «Наука». 1978.
3. Уфлянд Я.С. Интегральные преобразования в задачах теории упругости. Л.: Изд-во «Наука». 1967. 402 С.
4. Гольдштейн Р.В. Плоская трещина произвольного разрыва в упругой среде // Изв. АН СССР. Механика твёрдого тела. - 1979. - № 3. С. 111-126

5. M.K. Kassir and G.C. Sih. External crack in elastic solid. // The international Journal of Fracture Mechanics. Vol. 4, N. 4, 1968, p. 347-356

6. Акулич А.В., Звягин А.В., Шамина А.А. Численное моделирование взаимодействия дискообразных трещин в трехмерном упругом пространстве. В сборнике XVII Международная конференция "Супервычисления и математическое моделирование место издания РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров. 2018.

7.Звягин А.В., Смирнов Н.Н., Панфилов Д.И., Шамина А.А. Метод граничных элементов для численного решения трехмерных задач механики трещин. В журнале Вестник кибернетики, издательство СурГУ (Сургут), том 30, № 2, 2018, с. 18-31.