

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., профессора Морозова Евгения Михайловича о диссертационной работе **Спиридоновой Екатерины Владимировны «Численно-аналитическое решение плоских задач теории трещин со смешанными краевыми условиями»** представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

Актуальность темы диссертации: Надежность подземных сооружений в трещиноватых и блочных горных породах, добыча полезных ископаемых механическими способами направленного разрушения пород магистральными трещинами требует знания развития трещин со смешанными краевыми условиями на берегах – смещений и напряжений. Решение данных задач позволит описать физико-механические процессы развития трещин в блочных, зернистых структурах и выявить оптимальные режимные, геометрические параметры в процессе добычи полезных ископаемых, что представляет собой несомненную актуальность выбранной темы диссертации.

Диссертация состоит из введения, трех глав, списка литературы, заключения и приложений. По содержанию диссертационной работы сделано пять основных общих выводов.

Во введении кратко приведена характеристика скальных массивов, представлен обзор математических моделей трещин в горных породах. Обоснована актуальность развития трещин в смешанной постановке, как новый класс задач, решаемый численно-аналитическим способом, который позволяет описать механизм хрупкого разрушения. Обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, показана научная новизна полученных результатов и их практическая ценность.

В первой главе рассмотрены линейные краевые задачи теории трещин. В постановках задач реальная трещина геометрически упрощается и

заменяется математическим разрезом плоскости. Развитие трещины происходит под действием контактных усилий. Рассмотрены различные подходы к моделированию раскрытий берегов трещины и оценки состояния ее развития на основе силового и энергетического подходов.

Во **второй главе** приведен алгоритм численно-аналитического решения краевых задач теории трещин со смешанными краевыми условиями и расчета КИН 1-го и 2-го рода для сплошных и нарушенных трещиноватостью геоматериалов. Приведен разработанный и зарегистрированный комплекс программ для моделирования раскрытия берегов плоской трещины. Проведен анализ идентичности распределений разрывов смещений на примере трещины в песчанике. Проведен качественный анализ решений краевых задач, полученных в широком диапазоне значений модуля Юнга и коэффициента Пуассона, и сделаны выводы относительно поведения функций нормальных и касательных смещений берегов трещины.

В **третьей главе** представлены избранные математические модели развития плоских трещин смешанного типа в геоматериалах при отсутствии действия массовых сил. Решение интерполировалось вдоль всей трещины и аппроксимировалось в зияющей части. Для каждой модели приводятся таблицы раскрытий, вычисленные численно; графики распределения раскрытий берегов в зияющей части трещины при разном количестве граничных элементов, а также графики погрешности аналитического решения Г.П. Черепанова. На основе полученных результатов представлены аналитические соотношения и графики положения зон развития и стагнации трещины при критических значениях КИН 1-го и 2-го рода для песчаника.

Сделанные по диссертационной работе основные выводы сомнений не вызывают.

Научная новизна результатов исследования состоит в том, что:

1. Разработан комплекс программ для численных расчетов по определению нормальных и сдвиговых разрывов смещений берегов трещины

смешанного типа (одиночной; в трещиноватом массиве) и для проведения анализа идентичности распределений раскрытий берегов в присутствии и отсутствии массовых сил, включающий решение методом разрывных смещений.

2. Проведен анализ идентичности распределения раскрытий трещин смешанного типа в песчанике под действием массовых сил и в их отсутствии. По результатам анализа определены субкомбинации краевых условий, для которых имеется полная ($r=0.001\%$) и частичная ($r=30\%$) идентичность распределения раскрытий и обнаружена взаимозаменяемость функций распределения раскрытий берегов с однотипными краевыми условиями.

3. В рамках исследования полной идентичности раскрытий берегов трещины расширена область применения аналитических выражений Г.П.Черепанова (раскрытия берегов трещин нормального отрыва) в отношении трещин смешанного типа.

4. На основе анализа результатов численных решений, полученных при варьирования значений модуля Юнга и коэффициента Пуассона в широком диапазоне допустимых значений, установлены закономерности смещений берегов трещины в продольном и поперечном направлениях. При изменении механических характеристик – модуля Юнга и коэффициента Пуассона, - наблюдается квазилинейная зависимость смещений от модуля Юнга и нелинейная (монотонная или с одним экстремумом) зависимость от коэффициента Пуассона.

5. Получены аппроксимации функции нормальных и касательных смещений берегов трещины и аналитические выражения КИН 1-го и 2-го рода для избранных краевых задач теории трещин смешанного типа в отсутствии действия массовых сил.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов подтверждается: математической корректностью постановок задач на основе фундаментальных уравнений упругости и механики хрупкого разрушения; полным подобием результатов моделирования раскрытий

трещины нормального отрыва как частного случая трещины смешанного типа с решениями по аналитическим выражениям раскрытий Г.П. Черепанова; использованием апробированного метода численного решения краевых задач теории трещин – метода разрывных смещений.

Практическая значимость работы состоит в том, разработанный алгоритм и программный продукт для смешанных краевых условий позволяет прогнозировать появления критических смещений горных твердых пород, при которых происходит разрушение материалов.

Диссертационная работа **прошла апробацию** на международных, всероссийских конференциях и семинарах в Воронеже, Самаре, Перми, Новокузнецке, Оренбурге, Чебоксарах. По теме диссертации опубликовано 19 работ, в том числе 1 монография, свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ «Программный комплекс для численного решения плоских задач теории трещин со смешанными краевыми условиями», 5 статей изданы в журналах, которые входят в перечень издательств, рекомендованных ВАК РФ.

По содержанию диссертации можно сделать следующие **замечания**.

1. Стр. 100. Представляется желательным оценить степень концентрации напряжений у вершины раскрытой трещины.
2. Стр.106.Отсутствует пояснение линейной зависимости вспомогательных функций от нормальных и сдвиговых смещений на берегах трещины.

Отмеченные недостатки не снижают научную ценность и значимость полученных результатов.

Автореферат соответствует основным положениям и выводам диссертации, правильно и полно отражает ее содержание.

Диссертационная работа Е.В. Спиридоновой представляет собой законченное научное исследование.

Заключение.

На основании изложенного выше следует заключить, что представленная диссертация удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Е.В. Спиридонова заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент:

Профессор кафедры физики прочности НИЯУ «МИФИ»,

доктор технических наук,

Заслуженный деятель науки РФ

Е.М. Морозов

Адрес: 115409, г. Москва, Каширское ш., д. 31.

Телефон: 8 (499) 324-95-19

Email: evgeny_morozov@mtu-net.ru

Подпись удостоверяю
Начальник отдела документационного
обеспечения НИЯУ МИФИ

О.П. Нейко

