

ОТЗЫВ

официального оппонента к.ф.-м.н., Мурашкина Евгения Валерьевича 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: Диссертационная работа Спиридоновой Е.В. посвящена исследованию развития трещин смешанного типа в материалах с упругими свойствами (преимущественно геоматериалы) и оценке состояния развития трещины на основе силового критерия разрушения.

Известно, что горные породы имеют структурно-неоднородное блочно-слоистое строение. Блочная структура проявляется на разных масштабных уровнях, от размеров кристаллических зерен до блоков горного массива. Зачастую блоки связаны между собой пустыми или заполненными грунтом зияющими трещинами. Разрушение геоматериалов происходит в результате скольжения, сдвига, поворота, смещения друг относительно друга блоков породы как жесткого целого, вдоль дефектов сплошности массива. Поэтому, при моделировании процесса разрушения, нужно знать, как раскрывается зияющая трещина под действием смещений и напряжений. Для описания процесса развития трещин в блочных структурах, на границе контактов блоков необходимо разработать алгоритмы вычисления коэффициентов интенсивности напряжений в смешанной постановке. В связи с этим разработка математических моделей развития трещин смешанного типа является актуальной задачей механики и геомеханики, так как позволяет выйти на новый класс задач, который невозможно решить аналитическими методами и который позволяет описать развитие трещин с механизмом хрупкого разрушения в горных породах и других материалах.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

работы состоит в том, что:

1. Получены численно-аналитические решения задач теории трещин в упругих материалах со смешанными краевыми условиями.
2. Разработан комплекс программ для численного решения плоских задач теории трещин по определению разрывов смещений ее берегов (одиночной; в трещиноватом массиве).
3. На основе анализа результатов численных экспериментов, полученных варьированием значений модуля Юнга и коэффициента Пуассона в широком диапазоне допустимых значений, найдены 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.
4. 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.
5. Построены аппроксимации функции нормальных и касательных смещений берегов трещины, разработаны аналитические выражения коэффициентов интенсивности напряжений 1-го и 2-го рода для выбранных краевых задач теории трещин смешанного типа в отсутствии действия массовых сил.

Анализ содержания диссертации и ее основные результаты:

Во введении обсуждается необходимость теоретических исследований процесса развития трещин и построения решений краевых задач теории трещин, которые можно уточнять и совершенствовать на основе результатов натурных испытаний материалов. Обосновывается актуальность моделирования развития трещин в геомеханике. В завершении приводятся квалификационные признаки диссертационной работы и список аprobации результатов диссертационного исследования на научных и научно-технических мероприятиях.

В первой главе рассматриваются линейные краевые задачи теории трещин в рамках совместного описания процессов упругого деформирования тел с разрезом и разрушения материалов под действием критических нагрузок поперек (нормальные смещения и напряжения) и вдоль (касательные смещения и напряжения) берегов трещины. В постановках задач реальная трещина геометрически упрощается и заменяется математическим разрезом полуплоскости. Рассматривается развитие трещины, которое происходит под действием контактных усилий в виде смещений и сжатия (растяжения) берегов трещины. Также рассматриваются различные подходы к решению задач теории трещин и оценке состояния ее развития (стагнации) на основе силового и энергетического подходов. Для этого используется понятие коэффициентов интенсивности напряжений, показывающих меру разрушения материалов.

Во второй главе рассмотрены типы постановки краевых задач теории трещин со смешанными краевыми условиями выделены субкомбинации оригинальных граничных условий, которые физически допустимы в постановке. Приведен алгоритм численно-аналитического решения краевых задач теории трещин со смешанными граничными условиями. 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 решения плоских краевых задач теории трещин со смешанными граничными условиями в геоматериалах при отсутствии действия массовых сил. Аппроксимированы функции нормальных и касательных смещений, получены аналитические выражения коэффициентов интенсивности напряжений 1-го и 2-го рода и проведено сравнение с аналитическими решениями Черепанова

Соответствие автореферата и публикаций автора требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертационной работы. Основные результаты опубликованы в рецензируемых изданиях (5 штук), рекомендованных ВАК РФ, что является достаточным количеством в соответствии с требованиями п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Замечания по работе и ее оформлению:

1. В диссертационной работе рассматриваются только прямолинейные трещины. Желательно было бы рассмотреть и криволинейные варианты нарушений сплошности.
2. Большое количество таблиц, приведенных в параграфе 2.5 диссертационной работы малоинформационны. Следовало бы для наглядности привести графики поверхностей раскрытий.

Общее заключение: Отмеченные замечания не снижают ценность представленной работы, которая, несомненно, заслуживает положительной оценки.

В целом диссертационная работа Спиридоновой Екатерины Владимировны на тему «Численно-аналитическое решение плоских задач теории трещин со смешанными краевыми условиями» представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, актуальна, имеет научную новизну и практическую значимость, а ее автор Спирионова Е.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник лаборатории моделирования в механике деформируемого твердого тела Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук

Е.В. Мурашкин

Адрес: пр. Вернадского, д. 101, корп. 1, Москва, 119526, Россия

Телефон: 8(495) 434-21-59

E-mail: murashkin@ipmnet.ru

Подпись заверяю.

Директор ИПМех РАН

член-корреспондент РАН



С.Т. Суржиков