«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВПО «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)», профессор

_____ Николаенко А.В.

«25» августа 2015 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Спиридоновой Екатерины Владимировны на тему «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

Общие положения

Диссертационная работа выполнена на кафедре математического анализа ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет».

Работа состоит из введения, трех глав, списка литературы, заключения и приложений. Объем диссертации 157 страниц. Она содержит 73 рисунка и 54 таблицы. В список литературы включено 126 наименований.

Актуальность темы диссертации

Выбранная диссертантом тема посвящена численно-аналитическому решению ряда краевых задач о раскрытии берегов плоской трещины смешанного типа в твердых телах, с различными упругими свойствами (преимущественно геоматериалы) и оценке состояния развития трещины на основе силового критерия разрушения.

Задачи, связанные одновременно со сжатием и сдвигом трещиной горного массива, представляют особый интерес и находят свое большое практическое приложение не только при строительстве зданий и сооружений, но и при сдвижении горных пластов, устойчивости бортов карьеров и выработок, разработке месторождений полезных ископаемых, оценки последствий горных ударов и землетрясений.

Трещины нормального отрыва и трещины сдвига являются частным случаем трещины смешанного типа. Исследованию трещин отрыва и сдвига посвящено множество работ российских и зарубежных исследователей, включая работы известного механика Г.П.Черепанова. В его работах можно найти большое количество аналитических выкладок, касающихся описания развития трещины отрыва. Но трещины смешанного типа не рассматривались в связи со сложностью математических вычислений и необходимости совершенствования математических основ механики разрушения. 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.

Основное содержание и результаты работы

Во введении обсуждается необходимость теоретических исследований процесса развития трещин и построения их математических моделей, 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 апробации 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 и вдоль берегов трещины. В постановках задач реальная трещина геометрически упрощается и заменяется математическим разрезом полуплоскости. Развитие трещины происходит под действием контактных усилий в виде смещений и сжатия (растяжения) берегов трещины. Рассматриваются различные подходы к моделированию раскрытий берегов трещины и оценки состояния ее развития (стагнации) на основе силового и энергетического подходов. Для этого используется понятие коэффициентов интенсивности напряжений (КИН), показывающих меру разрушения материалов.

Во **второй главе** описываются алгоритм и программный комплекс для моделирования раскрытия трещины смешанного типа. Осуществляется типизация плоских краевых задач теории трещин со смешанными краевыми условиями. Выполнен анализ подобия раскрытий берегов трещин на основе результатов вычислительного эксперимента для всех субкомбинаций граничных условий 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. 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 Черепанова (или численного решения при делении зияющей части трещины на 750 элементов) с численными решениями с меньшим количеством граничных элементов. 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.

В **заключении** сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Научная новизна основных результатов работы

В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

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.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Представленные в диссертации результаты решения краевых задач теории трещин смешанного типа свидетельствуют о том, что численно решен ряд задач теории трещин, для которых недоступно аналитическое решение. Решения получены при значениях механических характеристик материалов, охватывающих как обычные упругие материалы, так и геоматериалы, в которых трещины образуются непосредственно под действием сил тяготения. При этом взяты свойства материалов в широком диапазоне изменений значений модуля Юнга (от резины до сверхупругих материалов) и коэффициента Пуассона (от слабосжимаемых до практически несжимаемых материалов). Результаты некоторых из них разобраны подробно в отдельной главе.

Практическая значимость состоит в том, что применительно к геоматериалам есть возможность прогнозирования появления критических смещений породы, при которых происходит разрушение материалов с учетом их прочностных характеристик, что позволяет дать оценку устойчивости бортов карьеров, подземных сооружений (выработок), откосов, отвалов и др.

Степень достоверности результатов определяется следующим:

1. В диссертации используются математически корректные постановки задач на основе фундаментальных уравнений упругости и механики хрупкого разрушения.

2. Численное решение краевых зада получено с помощью апробированного метода – метода разрывных смещений.

3. Величина погрешности оценивалась на базе исследования идентичностью результатов расчета раскрытий трещины нормального отрыва

как частного случая трещины смешанного типа с аналитическими выражениями раскрытий Г.П. Черепанова.

Апробация работы и публикации

Диссертационная работа прошла необходимую апробацию. Ее результаты докладывались на научных семинарах, всероссийских и международных конференциях. По теме диссертации имеется 19 публикаций, в том числе 1 монография, зарегистрированная в ВИНИТИ, 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. Применим ли построенный в работе алгоритм для вычисления раскрытий берегов криволинейных или прерывистых трещин?

2. Можно ли использовать ваш алгоритм для решения задач по определению КИН 3-его рода?

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости выполненной автором работы.

Заключение

Основные результаты диссертационной работы достаточно полно представлены в публикациях соискателя.

Автореферат отражает содержание диссертации. Название диссертации соответствует характеру выполненных исследований.

В целом диссертация Спиридоновой Екатерины Владимировны является законченным научным исследованием. Работа соответствует требованиям п. 9 положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Отзыв о диссертации Е.В. Спиридоновой подготовлен профессором, доктором физико-математических наук Кулиевым В. Д., обсужден и одобрен на заседании кафедры «Прикладной математики» ФГБОУ ВПО «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)» 24 августа 2015 г. (протокол №1). Присутствовало 11 человек из 13 сотрудников кафедры.

Заведующий кафедрой «Прикладная математика»
ФГБОУ ВПО «Московский государственный
машиностроительный университет (МАМИ)»
доктор физико-математических наук,
профессор В.Д. Кулиев

24.08.2015г.

Подпись заверяю:
Зам. н-ка УКи С.В. Цветков

Сведения о ведущей организации: ФГБОУ ВПО «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)»,
почтовый адрес: 107023, г. Москва, Большая Семеновская ул., 38.
Телефон: 8 (495) 223-05-23, email: mami@mami.ru, pmdekanat@gmail.com.
http://www.mami.ru/