

Отзыв научного руководителя
доктора физико-математических наук, профессора Смирнова Николая
Николаевича

на диссертационную работу Пестова Дмитрия Александровича по теме
«Исследование взаимного влияния трещин на направление их роста в
различных условиях нагружения», представленную на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 –
«Математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ»

Диссертационная работа выполнена Пестовым Дмитрием Александровичем во время его работы в НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ. За время работы Пестов Д.А. проявил широкий научный кругозор, занимался различными задачами, связанными с математическим моделированием: задачами горения, моделированием трещин гидроразрыва, а также моделированием транспортных потоков.

В представленной работе исследуется актуальная задача механики разрушения – изменение траектории роста трещин при их взаимодействии. Данная задача актуальна при моделировании трещин гидроразрыва, в частности в случаях множественного ГРП, где для наибольшей эффективности проводимого гидроразрыва необходимо учитывать влияние предыдущих трещин на рост последующих, а также при взаимодействии с природными разломами, где важно заранее оценить характер взаимодействия трещины с разломом. Следует отметить, что вопросы роста трещин освещены во многих работах, посвященных трещинам гидроразрыва. Вопросы взаимодействия трещин, в свою очередь, широко представлены в статических задачах о телах, ослабленных трещинами, в виде значений коэффициентов интенсивности напряжений для исчерпывающего разнообразия взаимных расположений и приложенных нагрузок. Вместе с тем, задачи роста криволинейных трещин, а именно задачи изменения траекторий роста трещин под влиянием окружающих трещин или других неоднородностей среды, остаются достаточно слабо изученными.

В первой главе диссертации представлена модель роста криволинейных трещин в упругой среде в плоской постановке. Рассматривается квазистатический рост трещин в направлении, соответствующем наибольшим растягивающим напряжениям. Упругая задача решается методом разрывных смещений. На основе предложенной модели реализован программный код для расчета траекторий роста трещин в условиях их взаимодействия. Проведена верификация данного кода сравнением с

аналитическими решениями для статических задач с трещинами. Результаты верификации показали точное (с погрешностью порядка одного процента) совпадение коэффициентов интенсивности напряжений в случае, если расстояние между рассматриваемыми трещинами не меньше размера граничного элемента. Проведена валидация программного кода путем сравнения с результатами эксперимента по росту трещины в образце из оргстекла, ослабленного прямолинейным разрезом, под действием приложенных к нему касательных нагрузок. Показано совпадение траектории, полученной численно, с траекторией, показанной в эксперименте. Кроме того, показано отсутствие существенной зависимости траектории роста трещины от размера граничного элемента. Для объяснения такого поведения проведено исследование влияния трещины на окружающее поле напряжений. Полученные результаты позволяют судить о том, что траектория трещины обладает некоторой устойчивостью к отклонениям от своего направления роста. С помощью численных экспериментов эта устойчивость продемонстрирована для случаев, когда присутствует внешнее поле напряжений, обеспечивающее рост трещины в заданном направлении.

Во второй главе с использованием реализованного программного кода исследовано взаимодействие растущих трещин. Проведено вычислительное моделирование задач роста изначально параллельных трещин в различных условиях нагружения. Обнаружены качественно различные сценарии поведения растущих трещин в зависимости от их расположения. Сформулированы критерии возможного пересечения изначально параллельных трещин. Сформулированы условия необходимости применения моделей криволинейного роста в задачах взаимодействия трещин.

В третьей главе представлен разработанный автором метод решения контактной задачи, возникающей в случае соприкосновения берегов трещин, основанный на граничноэлементном методе разрывных смещений. Показанный метод заключается во введении на смыкающихся берегах трещин фиктивных нагрузок, необходимых для обеспечения выполнения граничных условий. Такой подход позволяет снизить вычислительную сложность решения контактной задачи за счет отсутствия необходимости пересчитывать матрицу коэффициентов для всей системы граничных элементов при смыкании нескольких из них. С использованием данного метода проведено численное исследование задачи взаимодействия трещины гидроразрыва с параллельным ей природным разломом. Получен безразмерный критерий, определяющий характер из взаимодействия.

Результаты диссертации опубликованы в 5 научных статьях, 2 из которых опубликованы в рецензируемых научных журналах, индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus (Квартиль Q1), а остальные 3 – в журналах из перечня ВАК. Также часть результатов представлена в главе коллективной монографии.

По результатам диссертации было сделано более 20 докладов на российских и международных научных конференциях. Также результаты работы были представлены на научных семинарах МГУ им. М.В. Ломоносова, Сколтеха и ИПМ им. М.В.Келдыша.

Диссертационная работа Пестова Дмитрия Александровича «Исследование взаимного влияния трещин на направление их роста в различных условиях нагружения» выполнена на высоком научном уровне и имеет характер законченного научного исследования. Она соответствует специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Рекомендую диссертацию «Исследование взаимного влияния трещин на направление их роста в различных условиях нагружения» Пестова Дмитрия Александровича к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Я, Смирнов Николай Николаевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного Совета и их дальнейшую обработку.

Научный руководитель:

Доктор физико-математических наук (по специальности 01.02.05)

Заместитель заведующего отделением фундаментальных и прикладных исследований НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ

(117218, Москва, Нахимовский просп., 36, к.1., телефон +7 495 718 21 10)

e-mail: n.n.smirnov@niisi.ru



Смирнов Н.Н.

*подпись руки Смирнова Н.Н.
заверено инженером ОК Голубевым И.А.*

18.05.2015

