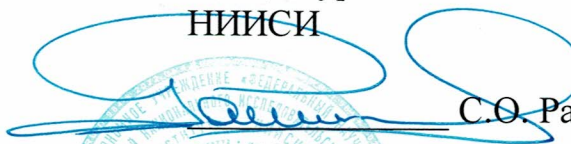


УТВЕРЖДАЮ

Директор

НИЦ "Курчатовский институт" -
НИИСИ


С.О. Ранчин

« 26 » мая 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Диссертация **«Исследование взаимного влияния трещин на направление их роста в различных условиях нагружения»** выполнена в отделе вычислительных систем НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ.

В период подготовки диссертации соискатель Пестов Дмитрий Александрович работал в отделе вычислительных систем Федерального государственного автономного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» в должности младшего научного сотрудника.

В 2015 г. окончил Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова по специальности «Механика».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2025 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Смирнов Николай Николаевич, работает в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего

образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» на механико-математическом факультете в должности профессора. Также работает в Федеральном государственном автономном учреждении «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» в должности заместителя заведующего отделением фундаментальных и прикладных исследований.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа Пестова Д.А. «Исследование взаимного влияния трещин на направление их роста в различных условиях нагружения» посвящена исследованию необходимости применения моделей криволинейного роста трещин в задачах взаимодействия трещин в различных условиях. Диссертация состоит из введения, трёх глав и заключения. Полный объём диссертации составляет 86 страниц, включая 2 таблицы и 44 рисунка. Список литературы содержит 192 наименования. Цель работы состояла в исследовании влияния взаимодействующих трещин на траекторию их роста с помощью специально разработанного программного кода.

Результаты, представленные в диссертации, получены лично автором. Автором лично разработаны представленные в работе вычислительные методы, самостоятельно создан программный код для задач роста систем криволинейных трещин, после чего получены представленные в работе результаты. С 2016 по 2025 годы автор выступал с докладами на международных и российских конференциях. Личное участие автора отражено в собственной публикации, а также подтверждено соавторами и отражено в совместных публикациях. В совместных работах, относящихся к диссертации, автором самостоятельно получены результаты, проведен их анализ, а также проведена подготовка к публикации. В совместных работах с Шаминой А.А и Звягиным А.В. им принадлежат результаты, относящиеся к трёхмерному методу разрывных смещений. В совместных работах с Акулич А.В. ей принадлежит постановка и результаты, относящиеся к взаимодействию плоской трещины гидроразрыва с природным разломом. В совместных работах с Ли Кайжунг ему принадлежит постановка и

результаты, относящиеся к плоско-трёхмерной модели роста трещины гидроразрыва.

Достоверность полученных результатов установлена путем сравнения с имеющимися аналитическими решениями и экспериментами. Показаны границы применимости используемых методов, в которых показано совпадение коэффициентов интенсивности напряжений с точностью до 2 процентов, а также совпадение траекторий растущих трещин с экспериментальными.

Научная новизна исследований заключается в том, что в работе предложен новый метод, позволяющий моделировать рост криволинейных трещин с учетом взаимного влияния трещин и возможного смыкания берегов трещин под действием сжимающих напряжений. Данный метод имеет малую вычислительную сложность, что вкупе с проведенной верификацией и валидацией, обозначающей его границы применимости, позволяет точнее оценить возможность применения подобных методов в задачах роста трещин. Впервые показана устойчивость направления роста трещины к случайным отклонениям, что позволяет расширить применимость методов прогнозирования роста трещин в упругой среде на некоторые из неоднородных сред или сред с распределенными дефектами. С использованием разработанного метода в работе впервые исследовано взаимное влияние растущих криволинейных трещин в упругой плоскости и получены критерии оценки исходов их взаимодействия. Исследовано влияние трещины на траекторию и возможность роста окружающих трещин.

Научная и практическая значимость работы заключается в создании программного обеспечения, позволяющего исследовать задачи взаимодействия криволинейных трещин, в том числе в случаях возможности смыкания берегов, а также при наличии в среде мелких неоднородностей или дефектов. Таким образом, результаты данной работы могут быть применимы в задачах гидроразрыва пласта (ГРП), а именно взаимодействия трещин гидроразрыва с природными разломами или другими трещинами гидроразрыва при проведении многостадийного ГРП. Также полученные критерии взаимодействия параллельных трещин могут быть применимы при

оценке необходимости использования моделей криволинейного роста трещин.

Ценность научных работ соискателя состоит в том, что рассмотренные в работах вопросы имеют в настоящее время большое практическое значение ввиду активного применения моделирования роста трещин в задачах гидроразрыва. Исследование взаимодействия трещин и получение критериев необходимости использования двумерных задач имеет значимость ввиду того, что большинство используемых на практике симуляторов ГРП на данный момент основаны на моделях плоских трещин. Созданное программное обеспечение может быть использовано в различных задачах, требующих моделирования растущих трещин.

Диссертационное исследование по своему содержанию в полной мере соответствует заявленной специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Материалы диссертации полно представлены в работах, опубликованных соискателем.

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК:

1. *Пестов Д. А.* Оценка применимости метода разрывных смещений в задачах роста и взаимодействия криволинейных трещин // *Успехи кибернетики*. — 2025. — Т. 6, № 1. — С. 94–103.
2. *Pestov D. A., Shamina A. A., Zvyagin A. V.* Investigation of the interaction of rectangular cracks by new numerical simulation methods // *Acta Astronautica*. — 2023. — Vol. 204. — P. 878–887.
3. *Smirnov N.N, Li K., Skryleva E.I. Pestov D.A. et al.* Mathematical modeling of hydraulic fracture formation and cleaning processes // *Energies*. — 2022. — Vol. 15. — P. 1967.
4. *Пестов Д. А., Акулич А. В., Звягин А. В. и др.* Фундаментальные аспекты численного моделирования трещины гидроразрыва // *Вестник кибернетики*. — 2018. — Т. 32, № 4.
5. *Пестов Д. А., Смирнов Н. Н., Акулич А. В., Тюренкова В. В.* Математическое моделирование задачи распространения трещины

гидроразрыва // *Вестник кибернетики*. — 2017. — Т. 25, № 1. — С. 80–92.

Глава в монографии:

6. Цифровые технологии предсказательного моделирования в подземной гидродинамике / Н. Н. Смирнов, А. В. Звягин, Л. И. Стамов и др. — ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН Москва, 2021. — 144 с.

Также по темам близким к диссертации соискатель принимал участие в публикации ещё 6 работ, входящих в списки ВАК, WoS или Scopus.

Пометка «Для служебного пользования» не требуется, так как выполненная работа и публикации по ней носят открытый характер.

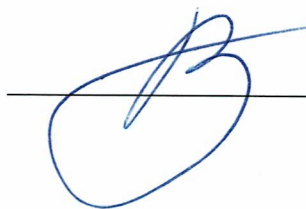
Диссертация «Исследование взаимного влияния трещин на направление их роста в различных условиях нагружения» Пестова Дмитрия Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.2.2. — «Математическое моделирование, численные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

Заключение принято на заседании отдела вычислительных систем НИЦ "Курчатовский институт" – НИИСИ.

Присутствовало на заседании 12 чел.

Выступили с положительной оценкой диссертации: Смирнов Н.Н., Рыбакин Б.П., Стамов Л.И., Тюренкова В.В., Шамина А.И., Удалов А.С.

Результаты голосования: «за» — 12 чел., «против» — 0 чел., «воздержалось» — 0 чел., протокол № 1 от «23» апреля 2025 г.



В.В. Тюренкова, к.ф.-м.н.,
и.о. заведующего отделом
вычислительных систем
НИЦ "Курчатовский институт" –
НИИСИ