

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о диссертационной работе
Байкина Алексея Николаевича

«Динамика трещины гидроразрыва пласта в неоднородной пороупругой среде»,
представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.02.05 — «механика жидкости, газа и плазмы».

Байкин Алексей Николаевич обучается под моим руководством в аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», ведет семинарские занятия на Механико-математическом факультете НГУ по курсу «Введение в механику сплошных сред», работает по совместительству в должности младшего научного сотрудника в Институте гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, является соавтором 5 статей в высокорейтинговых научных журналах.

Темой диссертации А.Н. Байкина является математическое моделирование развития трещины гидроразрыва в пороупругой среде. Создание трещин гидроразрыва пласта (ГРП) является важнейшей частью современных технологий интенсификации добычи углеводородов. Правильное планирование работ по ГРП позволяет достичь необходимых параметров трещины, сэкономить материалы и средства, а также избежать возможных аварийных ситуаций. Исследование динамики трещин гидроразрыва также актуально в описании природных процессов, в частности, при анализе вулканической активности. С научной точки зрения, моделирование динамики трещины ГРП относится к классу нелинейных задач гидроупругости, и включает решение следующих взаимосвязанных проблем: описание течения вязкой неньютоновской жидкости в тонкой протяженной трещине, упругая реакция стенок трещины на давление жидкости, обмен жидкости гидроразрыва с поровой жидкостью пласта, влияние порового давления на изменение напряжений в окрестности трещины, разрушение породы и продолжение трещины. Правильное описание совокупности перечисленных процессов требует тщательного математического моделирования с применением подходов из различных областей механики сплошных сред (гидродинамика, теория хрупких трещин, теория фильтрации, теория пороупругости), развития соответствующего аппарата численного решения нелинейных задач механики сплошных сред, а также аналитического исследования моделей и построения точных решений для описания качественных свойств получаемых уравнений и верификации численных алгоритмов.

В диссертации А.Н. Байкина развиты существующие модели ГРП в части построения эффективных численных алгоритмов, а также описания влияния порового давления и неоднородности пласта на динамику трещины. В работе использованы как классические подходы на основе модели Христиановича – Гиртсма – Де Клерка, так и более полные современные методы на базе модели пороупругости Био с соответствующими граничными условиями вдоль трещины. Предложены оригинальные численные алгоритмы решения задачи, не требующие отслеживания положения вершины трещины и перестройки расчётной сетки при изменении длины трещины. Их реализация на основе модификации метода конечных элементов не требует дополнительных предположений об однородности физических свойств пласта и сжимающих напряжений, симметрии трещины, специальных формул для учёта обмена жидкостью между трещиной и пластом, что позволяет расширить область применимости моделей и обнаружить новые режимы несимметричного и немонотонного раскрытия ветвей трещины.

Достоверность результатов диссертации, в частности, численного моделирования, подтверждается сравнением с известными и оригинальными автомодельными точными решениями, с результатами численного моделирования других авторов, а также

исследованием сходимости предложенных методов. Результаты диссертации неоднократно докладывались на российских и международных конференциях, а также научных семинарах. Диссертация была рассмотрена и одобрена на заседании совместного семинара отдела прикладной гидродинамики ИГиЛ СО РАН и кафедры теоретической механики ММФ НГУ под руководством чл.-корр. РАН Пухначева В.В.

Выводы диссертации о существенном влиянии порового давления на раскрытие трещины важны с точки зрения применения развитых моделей для создания коммерческого симулятора ГРП, а также интересны с научной точки зрения. Найденные в диссертации режимы несимметричного и немонотонного раскрытия служат основой для дальнейшего развития в области экспериментальной проверки и возможных технических приложений. Построенные в работе модели после соответствующих модификаций могут быть использованы для решения задач в смежных областях (развитие трещин-дайков в вулканах), а также важных с прикладной точки зрения задач устойчивости цементной оболочки скважин под воздействием проникающих к обсадной колонне жидкостей и газов, уточнения данных контроля трещины гидроразрыва, повторного гидроразрыва, автоГРП и многих других. Таким образом, предложенные подходы важны и имеют потенциал развития и в научном и в прикладном аспектах.

В своей работе А.Н. Байкин проявил самостоятельность и инициативу, показал способности к овладению новым материалом и его творческому применению. В настоящее время он является сложившимся научным исследователем, умеющим выделить физическую суть проблемы и сформулировать математическую постановку задачи, провести качественное исследование уравнений, построить метод численного решения, проанализировать и дать интерпретацию полученным результатам, а также, при необходимости, модифицировать модель.

Диссертационная работа А.Н. Байкина является законченной научно-квалификационной работой, обладающей научной новизной, теоретической и практической значимостью и соответствующей требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям. Считаю, что А.Н. Байкин заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «механика жидкости, газа и плазмы».

Научный руководитель: профессор РАН, д.ф.-м.н., (01.01.02 – Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление)
Головин Сергей Валерьевич
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 15
Тел.: 8 (383) 333-28-43
golovin@hydro.nsc.ru

директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института гидродинамики им. М. А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГиЛ СО РАН)

20.08.2016



С.В. Головин

