ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Дубини Никиты Владиславовича «Прямые и обратные задачи изучения естественной трещиноватости методами геомеханики», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.9 «Геофизика»

Работа Дубини Никиты Владиславовича «Прямые и обратные задачи изучения естественной трещиноватости методами геомеханики» посвящена актуальной проблеме повышения безопасности и эффективности освоения и разработки месторождений полезных ископаемых, приуроченных к массивам горных пород с развитой естественной трещиноватостью. В своей работе автор рассматривает две взаимосвязанные задачи. Первая состоит в прогнозе положения, ориентации и флюидопроводимости трещин по данным о напряженно-деформированном состоянии массива. Во второй, обратной задаче, сведения о трещинах используются для восстановления параметров действующих напряжений и коэффициента трения.

Актуальность выбранной темы не вызывает сомнений. Естественные трещины влияют на прочность пород и характер фильтрации, а их состояние меняется при изменении пластового давления и техногенной нагрузке. Поэтому достоверная модель трещиноватости необходима при оценке устойчивости скважин, проектировании гидроразрыва пласта и прогнозе реакции массива на разработку месторождения. Не менее важна обратная постановка: дополнительные сведения о поле напряжений особенно нужны там, где традиционные методы дают неоднозначные результаты или обеспечивают лишь отдельные компоненты тензора напряжений.

Одной из сильных сторон работы является попытка связать неупругое деформирование пород с формированием систем трещин. По кривым «напряжение - деформация» определяется изменение преимущественной ориентации трещин, а их относительная выраженность оценивается с учетом неупругой энергии и индекса хрупкости. Автор не ограничился расчетной схемой: проведены циклические испытания в условиях псевдотрехосного сжатия, многоуровневое ультразвуковое сканирование и численное моделирование методом спектральных элементов. Такое сочетание методов делает первое защищаемое положение достаточно убедительным. Заслуживает внимания аналитическое решение для определения возможных ориентаций критически напряженных трещин при произвольном тензоре напряжений. Обычный критерий сухого трения рассматривается здесь не для проверки заданной плоскости, а как условие, из которого находится все множество допустимых ориентаций. Далее автор вводит показатели Scrit и Pfr и переходит к вероятностной оценке доли флюидопроводящих

трещин с учетом их распределения по ориентациям. Практический смысл этого результата хорошо показан на примерах околоскважинной зоны, участков вблизи разломов и изменения пластового давления.

Вторая часть диссертации посвящена восстановлению напряженного состояния по данным о трещиноватости. Сначала предложена слоистая модель горизонтальных напряжений для сцепленных упругих слоев, включая случаи трансверсальной изотропии. Затем построен алгоритм совместного определения параметров тензора напряжений и коэффициента трения. Решение ищется методом Монте-Карло, поэтому результат представлен не единственным набором параметров, а областью допустимых значений. Это важно для обратной задачи, в которой неоднозначность принципиально неустранима. Проверка проведена на данных желоба Нанкай, геотермального поля Ротокава и нефтегазового месторождения в Республике Татарстан. Полученные оценки сопоставлены с результатами интерпретации вывалов, испытаний на приемистость, гидроразрыва пласта и лабораторных исследований керна.

Достоверность основных выводов подтверждается согласованием теории, лабораторных экспериментов и расчетов, а также применением алгоритмов к трем объектам с различными геологическими условиями и разным объемом исходной информации. Отдельно стоит отметить проведенный автором анализ устойчивости обратного решения к ошибкам определения флюидопроводимости трещин. В работе показаны и ограничения метода: корреляцию между частью восстанавливаемых параметров, зависимость решения от порогового значения целевой функции и усложнение статистического описания при малом числе наблюдений. То, что эти ограничения не скрыты, а рассматриваются отдельно, повышает доверие к результатам.

Разработанные подходы могут использоваться при построении геомеханических и дискретных моделей трещиноватости, оценке изменения проводимости трещин в процессе разработки и уточнении поля напряжений. Вместе с тем сама работа имеет не только прикладное значение. Полученные результаты развивают методы механики трещиноватых сред и дают новую постановку обратной задачи, в которой геофизическим индикатором напряженного состояния служит флюидопроводимость естественных трещин.

При общей положительной оценке работы есть ряд незначительных вопросов/рекомендаций:

В основу оценки флюидопроводимости положено предположение о соответствии проводящих трещин критически напряженным. Для природной трещины проводимость зависит также от ее раскрытия, шероховатости и минерального заполнения. Возможно,

стоило яснее указать, для каких типов трещин и геологических условий такая связь подтверждена и когда требуется дополнительная калибровка модели.

Первое защищаемое положение проверяется на образцах, тогда как последующее моделирование относится к масштабу массива. Хотелось бы подробнее увидеть, как выполняется этот переход: каким образом рассчитанная по лабораторной кривой относительная интенсивность трещинообразования связывается с плотностью естественных трещин в элементе трехмерной модели и как оценивается неопределенность такого пересчета. Эти вопросы касаются главным образом границ применимости и дальнейшего развития предложенных методов. Они не меняют общей высокой оценки диссертационной работы.

Автореферат написан последовательно и дает достаточное представление о выполненном исследовании. Работа Н. В. Дубини является самостоятельным завершенным исследованием, содержащим решение крупной научной проблемы геомеханического описания естественной трещиноватости и реконструкции напряженного состояния геологической среды по данным о трещинах.

Заключение. Диссертация Дубини Никиты Владиславовича «Прямые и обратные задачи изучения естественной трещиноватости методами геомеханики» соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с последующими изменениями), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.9 «Геофизика».

Данис Карлович Нургалиев
доктор геолого-минералогических наук, профессор
Почтовый адрес: 420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлёвская, д. 18
Е-майл: danis.nourgaliev@kpfu.ru
Телефон: 8 843 206 54 61 (доб 9061)
Организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Должность: Директор института геологии и нефтегазовых технологий КФУ

Эдуард Ришадович Зиганшин
кандидат геолого-минералогических наук
Почтовый адрес: 420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлёвская, д. 18

Е-майл: erziganshin@kpfu.ru

Телефон: 8 843 233 79 89

Организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Должность: Заведующий кафедрой геофизики и геоинформационных технологий КФУ

16 сентября 2026 г. / Д.К. Нургалиев

/ Э.Р. Зиганшин

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ОГРН 1021602841391 УПРАВЛЕНИЕ КАДРОВ
ПОДПИСЬ
Д.К. Нургалиева заверяю
Ведущего специалиста-эксперта
Г.Г. Фатхуллина

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ОГРН 1021602841391 УПРАВЛЕНИЕ КАДРОВ
ПОДПИСЬ
Э.Р. Зиганшина заверяю
Ведущего специалиста-эксперта
Г.Г. Фатхуллина