

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на выпускную научно-квалификационную работу

Валова Александра Викторовича

«Сопряженные термо-гидромеханические контактные задачи развития трещин»

В работе А.В. Валова исследуются процессы разрушения термо-поро-упругих материалов под внешними воздействиями, связанными с технологическими работами при добыче углеводородов. Первая часть работы связана с определением нагрузок на цементную оболочку обсаженного ствола скважины и возможным образованием зон разрушения при деформации материала за счет изменения порового давления флюида и температуры среды. Актуальность задач обусловлена контролем целостности скважины при применении различных способов интенсификации и увеличения нефтеотдачи трудно извлекаемых запасов углеводородов. Так, при проведении операций гидроразрыва пласта давление жидкости в скважине может варьироваться в широких пределах, применение паро-гравитационного воздействия влечет существенное увеличение температуры скважины, а закачка CO₂ и его испарение на стенках скважины вызывает резкое снижение температуры. А.В. Валовым построена численная модель, описывающая эволюцию зон разрушения на основе решения связанной задачи термо-поро-упругого деформирования слоистой системы сталь-цемент-горная порода или сталь-цемент-сталь-цемент-горная порода (одиночная и двойная обсадка скважины). Модель учитывает смещение обсадной колонны по отношению к стволу скважины, а также наличие преднапряженного состояния цемента. Совокупность описываемых свойств и процессов определяет научную новизну модели, а возможность расчета сопряженного влияния физических эффектов на разрушение скважины – ее практическую значимость. Выявлены особенности разрушения цементной оболочки обсаженной скважины под воздействием различных внутренних и внешних факторов, а также построена эффективная численная модель для прогнозирования возникновения и эволюции зон разрушения.

Во второй части работы А.В. Валов решает принципиально важную для приложений задачу моделирования гидроразрыва пласта под давлением закачиваемой в скважину жидкости. Задача решается при помощи подхода Planar 3D ILSA (A. Peirce, E. Dontsov, 2017), являющегося вариацией метода

разрывных смещений и существенно использующий универсальную асимптотику решения вблизи вершины трещины. Достоинством такого подхода является отсутствие ограничений на форму получающейся трещины, а также высокая точность и быстрая скорость счета даже на грубой сетке. А.В. Валов не только реализовал эффективный численный алгоритм модели Planar 3D ILSA, но также внес в него существенные улучшения: возможность моделировать не только раскрытие, но и смыкание трещины с правильным учетом утечек жидкости из трещины в пласт на этапе смыкания. Помимо этого, Александр реализовал учет взаимного влияния одновременно раскрывающихся трещин, в том числе, на наклонной скважине, что также является существенным продвижением по сравнению с известным алгоритмом. Результаты моделирования провалидированы на имеющихся численных и экспериментальных данных, а также сравнением с точными решениями.

Построенный А.В. Валовым программный модуль на основе модели Planar 3D ILSA является ключевым в российском симуляторе гидроразрыва пласта «Кибер-ГРП», используемым в компании Газпромнефть и выходящим на открытый рынок. Симулятор «Кибер-ГРП» прошел полевые испытания, которые подтвердили правильность моделирования раскрытия трещины ГРП, что также свидетельствует о качестве созданной модели. Таким образом, помимо научной, результаты А.В. Валова обладают высокой практической значимостью.

Считаю, что с поставленной задачей А.В. Валов успешно справился. По тематике работы опубликована одна статья в журнале из первой четверти и две статьи в трудах конференции. Еще одна статья после небольшой доработки будет подана в журнал. После выхода второй статьи работа будет представлена к защите кандидатской диссертации. Таким образом, научно-квалификационная работа Валова Александра Викторовича соответствует требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам обучающихся и заслуживает оценки «отлично».

Научный руководитель
г.н.с. ИГиЛ СО РАН
д.ф.-м.н., профессор РАН

Головин С.В.

30.05.2022