

Отзыв научного руководителя
доктора физико-математических наук
Осипцова Андрея Александровича

на диссертационную работу Толмачёвой Кристины Игоревны по теме «Развитие многоконтинуальных моделей фильтрации суспензии», представленную на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

За время обучения в аспирантуре механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова Толмачёвой К.И. была рассмотрена задача о фильтрации суспензии с учетом переноса, осаждения и вымывания твердых частиц, а также фильтрации жидкости внутри упаковки осажденных частиц. Была построена база замыкающих соотношений для описания интенсивности осаждения и вымывания частиц. Замкнутая модель была использована для моделирования течения в прискважинной зоне. Также была построена сопряженная гео- и гидромеханическая модель очистки трещины гидроразрыва пласта с учетом неньютоновской реологии жидкости и притока из пласта.

Для поиска замыкающих соотношений модели Кристина провела сравнение численных расчетов с результатами экспериментов из открытых источников. Для нахождения значений свободных параметров был использован метод градиентного спуска. Точность численных расчетов подтверждена совпадением с имеющимися аналитическими решениями.

В диссертации Кристина использовала построенную модель фильтрации суспензии для моделирования процессов заводнения и очистки прискважинной зоны, используя в данном случае радиальную модель течения. Кристиной был предложен алгоритм для оценки возможности, интенсивности и оптимальной скорости очистки прискважинной области с использованием численного моделирования процессов заводнения и очистки.

Осреднением трехмерных уравнений фильтрации в приближении тонкого слоя была построена модель очистки трещины гидроразрыва. Кристиной была проведена оценка влияния следующих факторов на характер течения: (i) предел текучести жидкости гидроразрыва, (ii) сжатие проппантной пачки, (iii) вдавливание проппанта в стенки трещины, (iv) кольматация. Для заданных параметров течения и разной скорости снижения давления на границе были выявлены наиболее и наименее значимые эффекты. Также для заданного диапазона параметров течения Кристиной было проведено параметрическое исследование для определения оптимальной скорости сброса давления на границе трещины.

Диссертация состоит из введения, шести основных глав и заключения. Глава 1 посвящена обзору литературы. Кристиной был проведен обзор

существующих подходов к описанию процессов фильтрации, обзор замыкающих соотношений для описания снижения проводимости пористой среды, существующих моделей очистки трещины гидроразрыва, различных факторов, влияющих на снижение проводимости в нефтесервисных процессах. Во второй и четвертой главах Кристина привела постановки задач, системы уравнений фильтрации суспензии с одной и двумя жидкими фазами соответственно, численные схемы. В главе 3 было проведено сравнение с экспериментальными данными по загрязнению пористых образцов для выбора замыкающих соотношений модели. В главе 5 Кристина провела моделирование течений в прискважинной области и предложила алгоритм оценки интенсивности и оптимальной скорости восстановления проницаемости. В главе 6 была построена сопряженная гео- и гидромеханическая модель очистки трещины гидроразрыва с учетом неньютоновской реологии жидкости и притока из пласта. Во введении каждой главы представлена мотивация предстоящего исследования и краткое описание целей, в основной части представлены системы уравнений, численные схемы, графики и таблицы с результатами численных расчетов, анализ и обсуждение полученных результатов.

На мой взгляд, результаты, представленные в диссертации, имеют как теоретическую, так и практическую значимость. Они дают представление потенциальному читателю, какие физические процессы влияют на течение в прискважинной зоне и трещине гидроразрыва пласта и какие процессы являются наиболее важными в интересующем случае. С их помощью читатель может оценить влияние геомеханических и гидромеханических факторов на течение в трещине и выбрать оптимальную скорость снижения давления в скважине, а также определить степень и оптимальное время очистки прискважинной зоны. Построенная модель течения в трещине гидроразрыва может стать частью симулятора сопряженного течения в пласте, трещине (трещинах) и скважине.

Основные результаты диссертации изложены в 12 печатных работах, 7 из которых индексируются системами Web of Science и/или Scopus. Также на основе результатов представленной работы был получен 1 патент на изобретение № 2745684 «Способ сохранения безопасного диапазона проводимости трещины при выводе на режим скважины с ГРП» (приоритет изобретения 16 октября 2020 г.).

По материалам диссертации было сделано 5 докладов на профильных научных семинарах. Результаты работы были представлены на ряде международных и всероссийских конференций:

- II Всероссийская научная конференция "Теплофизика и физическая гидродинамика" с элементами школы молодых ученых (Ялта, 2017);
- International Summer School-Conference "Advanced Problems in Mechanics" (Санкт-Петербург, 2017);
- 9th International Conference on Computational and Experimental Methods in Multiphase and Complex Flow (Таллин, 2017);

- Конференция-конкурс молодых ученых НИИ механики МГУ (Москва, 2016);
- XVIII Всероссийская конференция «Современные проблемы аэрогидродинамики», посвященная 60-летию Российского национального комитета по теоретической и прикладной механике и 125-летию его первого председателя академика АН СССР Н.И. Мухелишвили (Сочи, 2016);
- X Международная летняя школа «Компьютерные технологии анализа инженерных проблем механики» (Москва, 2016);
- Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2016» (Москва, 2016);

Диссертационная работа «Развитие многоконтинуальных моделей фильтрации суспензии» Толмачёвой Кристины Игоревны выполнена на высоком научном уровне и носит завершённый характер. Она соответствует специальности 1.1.9 — «Механика жидкости, газа и плазмы» и удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационная работа «Развитие многоконтинуальных моделей фильтрации суспензии» Толмачёвой Кристины Игоревны может быть рекомендована к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 — «Механика жидкости, газа и плазмы».

Я, Осипцов Андрей Александрович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Научный руководитель: Осипцов Андрей Александрович
доктор физико-математических наук
(по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»),
директор проектного центра по энергопереходу автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий», профессор Сколковского института науки и технологий (121205, Москва, Территория Инновационного Центра “Сколково”, Большой бульвар д.30, стр.1, телефон +7 (495) 280-14-81, e-mail: a.osiptsov@skoltech.ru)

«18» апреля 2023 г.

_____ А.А. Осипцов