

Вх. № 3/22

от 16.05.2022

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Шляпкина Алексея Сергеевича

«Математическое моделирование процесса гидроразрыва пласта с учетом особенностей движения проппанта в трещине и фильтрационных утечек в пласт», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертационная работа Шляпкина Алексея Сергеевича посвящена разработке метода моделирования трещины гидроразрыва под влиянием расклинивающей вязкой жидкости с примесью проппанта, его численной и программной реализации.

Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время большинство нефтегазовых активов имеют весьма продолжительный срок разработки, что безусловно порождает проблемы при до извлечении из недр остаточных запасов. Осложняет процесс извлечения флюида также и сложное геологическое строение продуктивного пласта с низкими фильтрационно-емкостными свойствами. Одним из способов интенсификации работы скважины при добыче и закачке жидкости является гидравлический разрыв пласта. Проведение ГРП на скважине позволяет расширить зону дренирования скважины и увеличить дебит. В России технологию ГРП применяют на месторождениях Западной Сибири.

Совершенствование методов проведения данного геолого-технологического мероприятия позволяет повысить рентабельность нефтедобычи при снижении затрат на его проведение. Математическое моделирование позволяет снизить возможные риски на этапе расчета прогнозных показателей. На основе литературного обзора автор приходит к заключению о необходимости усовершенствования существующих моделей, в которых имеется ряд недостатков, в частности, при описании переноса проппанта.

Оценка достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность полученных в работе результатов следует из корректно поставленной задачи, использования адекватной математической модели, основанной на общепринятых законах гидродинамики. Качественное сравнение полученных решений с результатами расчетов в других программных комплексах, а также с известными аналитическими решениями позволяет говорить об их адекватности.

Новизна полученных результатов

Диссертационная работа обладает научной новизной. К наиболее значимым полученным результатам следует отнести: 1) метод моделирования процесса формирования и закрепления трещины гидроразрыва под влиянием расклинивающей вязкой жидкости с примесью частиц, основанный на математической модели в PKN-постановке, учитывающей фильтрационные утечки жидкости разрыва в пласт и осаждение частиц подаваемой смеси в результате прилипания к стенкам трещины, падения взвешенных частиц под воздействием силы тяжести; 2) предложенный критерий остановки роста трещины при численной реализации задачи; 3) комплекс программ «TSH FRAC Программный комплекс для моделирования геометрических параметров трещины гидроразрыва пласта, определения стоимости мероприятий и оценке рисков». Комплекс программ позволяет сформировать на основе проведенных вычислений отчет, получить рекомендации по проведению мероприятий для увеличения их успешности, оценить возможные риски не достижения проектных параметров трещины гидроразрыва.

Научная и практическая значимость полученных результатов

Полученные автором результаты обоснованы, обладают научной новизной, имеют теоретическую и практическую значимость. Представленный в работе подход позволяет работать с технологически неоднородными жидкостями разрыва при проведении операции на скважине; проводить оценку возможных осложнений, связанных с возникновением

пропантных пробок; уточнить профиль закрепленной трещины, влияющий на оценку ее продуктивности. Полученная информация позволит сформировать рекомендации при проведении реальной операции ГРП. Результаты проведенного исследования могут быть использованы в инженерной практике при осуществлении экспресс-оценки геометрических параметров трещины гидроразрыва, что позволит снизить трудозатраты и повысить успешность.

Уточненная математическая модель, предложенная в настоящей диссертационной работе, и созданный на ее основе комплекс программ TSH FRAC используются при выполнении экспресс-расчетов при подборе скважин-кандидатов для проведения гидроразрыва пласта в Филиале ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени (акт внедрения от 21.08.2021).

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитируемой литературы из 158 цитируемых источников и 11 приложений. Текст включает 51 рисунок, 4 таблицы.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, приводится описание новизны и практической значимости работы. Первая глава содержит обзор литературных источников, относящихся к различным аспектам моделирования процесса гидроразрыва пласта. Выполненный обзор содержит всестороннюю информацию о вопросах моделирования процесса, численной реализации задачи, существующих проблемах при изучении гидроразрыва пласта. Вторая глава посвящена моделированию процесса образования трещины гидроразрыва пласта. Предложенная математическая модель описывает течение технологически неоднородной вязкой жидкости разрыва с примесью твердых частиц в раскрывающейся трещине пласта. Приводится вывод основных уравнений движения смеси с учетом просачивания жидкости в пористую

среду. Модель позволяет произвести оценку возможных осложнений, связанных с возникновением пропантовых пробок. Дополнительно рассмотрен вариант подачи сильно вязкого геля без образования пристеночного дисперсного слоя. В третьей главе описывается численная схема, использованная для дискретизации системы уравнений из второй главы. В четвертой главе представлен комплекс программ, созданный с использованием языка программирования С#. Произведена государственная регистрация комплекса, получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «TSHFRAC». Программный комплекс для моделирования геометрических параметров трещины при проведении гидроразрыва пласта, определения стоимости мероприятия и оценки рисков» (свидетельство № 2020619401 от 17. 08. 2020). Комплекс предназначен для выполнения экспресс-оценки параметров трещины ГРП, определения затрат на проведение, учета возможных рисков, осложнений при проведении мероприятия.

Основные замечания по диссертационной работе

1. Из текста диссертации неясно, каким образом определяется окончательная длина закрепленной трещины – остановкой подачи смеси, пропантовой пробкой или соизмеримостью ширины трещины с диаметром дисперсных частиц.

2. При численной реализации не обоснован выбор в пользу явной схемы. Исследование гофрировочной устойчивости выполнено при значительных упрощениях.

3. Не учтена возможность продольной фильтрации жидкости гидроразрыва через пропантовую пробку; реология несущей фазы может значительно отличаться от принятой в работе.

Высказанные замечания не снижают общего положительного впечатления о выполненной работе.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертационное исследование Шляпкина Алексея Сергеевича «Математическое моделирование процесса гидроразрыва пласта с учетом особенностей движения проппанта в трещине и фильтрационных утечек в пласт» является самостоятельным, целостным и завершенным. Полученные автором результаты обоснованы, обладают научной новизной, имеют теоретическую и практическую значимость. Представленные результаты вносят вклад в понимание процесса гидроразрыва пласта.

Диссертация соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Шляпкин Алексей Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук,
(01.02.05. Механика жидкости, газа и плазмы), профессор,
профессор кафедры прикладной информатики и программирования
Стерлитамакский филиал ФГБОУ ВО
«Башкирский государственный университет», г. Стерлитамак,
тел.: 8 (3473) 43–22–50, e-mail: i.g.khusainov@strbsu.ru

11.05.2022



Исмагилян Гарифьянович Хусаинов

Стерлитамакский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет»

453103, Республика Башкортостан, г. Стерлитамак, проспект Ленина, 49,
тел.: 8 (3473) 43–22–50, <https://bashedu.ru/sterlitamakskiy-filial>



Подпись		заверяю
(должность)	з. к. ф. е. ф.	отдела правового и кадрового обеспечения
(подпись)		
		(расшифровка подписи)