

Вх. № 10/22

от 01.06.2022г.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «Тюменский нефтяной
научный центр» (ООО «ТННЦ»),

кандидат технических наук



Андрей Владимирович Аржиловский

«26» мая 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Общества с ограниченной ответственностью «Тюменский нефтяной научный центр» (ООО «ТННЦ») на диссертационную работу Шляпкина Алексея Сергеевича по теме «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».

1. Актуальность темы диссертационной работы.

В настоящее время большинство нефтегазовых активов имеют весьма продолжительный срок разработки, что безусловно порождает проблемы при доизвлечении из недр остаточных запасов. Осложняет процесс извлечения флюида также и сложное геологическое строение продуктивного пласта с низкими фильтрационно-емкостными свойствами, ухудшенными в процессе разработки. Одним из способов интенсификации работы скважины при добыче и закачке жидкости является гидравлический разрыв пласта (далее ГРП). Проведение ГРП на скважине позволяет расширить зону дренирования

скважины, снизить влияние гидравлических сопротивлений и увеличить дебит жидкости.

Учитывая тот факт, что происходит совершенствование технологии и ведутся работы в направлении импортозамещения, в частности, программных продуктов, посвященных расчету дизайнов ГРП, развитие российских аналогов является крайне важным направлением в отрасли. В основу программных продуктов (симуляторов) заложены математические модели и алгоритмы решения, на сегодняшний день ведется их доработка и совершенствование, то и задачи, поставленные перед научными работниками, не выполнены в полном объеме.

2. Значимость для науки результатов диссертационной работы.

Научную составляющую диссертационной работы составляет в первую очередь, разработанный метод математического моделирования, в основу которого положено рассмотрение модели в постановке Перкинса – Керна – Норджена, дополненная уравнениями движения и неразрывности из представления Христиановича. Оригинальность заключается в том, что введение уравнения неразрывности для нестационарного случая позволило рассмотреть случаи сильных фильтрационных утечек, оказывающих значительное влияние на продолжительность роста трещины.

В работе определены геометрические параметры трещины при различных режимах закачки и концентрации закачиваемой смеси. Введение понятия свободной от осадка области позволило оценить среднюю толщину трещины в условиях быстрого перемешивания, а также прилипания частиц к берегам трещины.

Предложен метод моделирования процесса формирования и закрепления трещины гидроразрыва под влиянием расклинивающей вязкой жидкости с примесью частиц, основанный на математической модели в РКН-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. В отличие от подхода, рассматриваемого в известных моделях, формирование осадка рассматривается как совокупность процессов, связанных с утечками и гравитационных осаждением.

3. Значимость для производства результатов диссертационной работы.

Предложенный автором метод моделирования и его программная реализация позволяют производить экспресс-анализ проводимых мероприятий ГРП с целью определения геометрических параметров трещины, оценки себестоимости мероприятия

Представленные в работе результаты вычислений прошли верификацию с использованием коммерческого симулятора для тождественных исходных данных.

Применение разработанного метода моделирования позволило снизить трудозатраты, связанные с процессом моделирования ГРП на этапе предпроектной проработки данных, уточнить геометрические параметры трещины.

Результаты выполненных автором исследований послужили для создания комплекса программ «TSH FRAC Программный комплекс для моделирования геометрических параметров трещины гидроразрыва пласта, определения стоимости мероприятий и оценке рисков», свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020619401 от 17.08.2020.

4. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.

Результаты исследования, полученные автором диссертационной работы, рекомендуется использовать в научно-технических центрах и проектных институтах при выполнении работ по моделированию геометрических параметров трещины гидроразрыва пласта.

Использование подходов и технологий, разработанных автором диссертационной работы, позволит эффективно уточнять и дополнять

расчетные параметры, получаемые в ходе выполнения расчетов, связанных с созданием трещин ГРП.

5. Публикации, отражающие основное содержание диссертации.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 18 печатных работах, в том числе 2 статьи индексируются в базах данных Web of Science и Scopus, 3 статьи в периодических изданиях, рекомендованных ВАК для представления основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора или кандидата наук согласно паспорту специальности; получено 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

6. Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа Шляпкина А.С. относится к стремительно развиваемому в настоящее время направлению цифровых исследований и технологий. Тема исследований охватывает процесс формирования трещины гидроразрыва пласта при закачивании в скважину вязкой жидкости с примесью частиц.

Рассмотренное автором работы направление, посвященное транспорту пропанта по трещине, имеет важное значение для понимания распространения трещины в пласте.

Учитывая большое количество научных работ по тематике исследования, а также модернизацию, как технологий проведения мероприятий, так и специализированного программного обеспечения, можно сделать вывод о необходимости постоянного совершенствования подходов к моделированию, их усложнению и доработке.

Стоит также отметить, что на текущий момент многие программные продукты, используемые на рынках, имеют технические решения и реализацию, представленную зарубежными производителями, что в условиях санкционных рисков, также накладывает дополнительные ограничения на их использование.

Учитывая вышесказанное, можно уверенно говорить о том, что тема диссертационного исследования является актуальной.

В качестве замечаний к диссертационной работе следует отметить:

1. Известно, что использование неньютоновских жидкостей является важной частью дизайна ГРП, поэтому в работе следует отметить, проведена ли оценка неньютоновских свойств жидкости при решении поставленных в диссертации задач.

2. Физическое содержание представленной модели осаждения частиц пропанта за счёт сил гравитации в плоской одномерной постановке задачи требует более детального обоснования.

3. Отсутствие в работе сравнения с фактическими данными процесса формирования трещин ГРП затрудняет анализ полученных результатов.

4. В работе не представлен способ расчёта длины трещины, являющейся функцией времени.

5. В автореферате к диссертации не упоминается об ограничениях и области применимости разработанной модели. В настоящее время существуют программные продукты, в том числе и российские, в основе которых лежат более сложные математические модели, поэтому целесообразно сделать акцент на преимуществах модели, выбранной диссертантом.

6. Рассматриваемый в работе способ расчета осаждения без введения вертикальной оси, а также без деления по глубине является дискуссионным. Процесс гравитационного осаждения приводит к изменению формы трещины по сравнению с моделью РКН: трещина более не является эллиптической, с учетом этого факта в диссертации следует раскрыть вопрос об осреднении по высоте.

7. Вызывает дискуссию использование в защищаемом положении 2 об «эффективных вычислительных методах и алгоритмах с применением современных компьютерных технологий» сеточной схемы для работы с

системой одномерных уравнений, требующих в свою очередь определённых серверных мощностей для ее решения.

Сделанные замечания имеют технический и дискуссионный характер, не касаются защищаемых положений и не снижают общую оценку диссертации.

7. Заключение

Диссертационная работа Шляпкина Алексея на тему «Математическое моделирование процесса гидроразрыва пласта с учетом особенностей движения проппанта в трещине и фильтрационных утечек в пласт» представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу и соответствует требованиям пп.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертационное исследование является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, заключающейся в разработанном методе моделирования процесса ГРП, связанного с закачкой проппанта; спроектированном и реализованном программном комплексе, позволяющем производить многовариантные экспресс-расчеты. Решение указанной задачи имеет большое значение для развития нефтегазовой отрасли.

Диссертация соответствует специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертационная работа рассмотрена: основные ее положения обсуждались на расширенном заседании Экспертно-аналитического управления ООО «Тюменский нефтяной научный центр», научно-исследовательская деятельность которого соответствует тематике диссертации соискателя, протокол № 06-1 от 25 февраля 2022 г.

Ученый секретарь

Экспертно-аналитического управления

ООО «Тюменский нефтяной научный центр»

кандидат технических наук (по специальности 25.00.17 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»)

Галикеев Руслан Маратович

26.05.2022

Общество с ограниченной ответственностью

«Тюменский нефтяной научный центр»,

625000, Россия, Тюменская область, г. Тюмень,

ул. Максима Горького, д.42.

Контактный телефон: +7 (3452) 52–90–90.

E-mail: tnnc@rosneft.ru

Офиц. сайт: <http://tnnc.ru/>

Подпись Галикеева Руслана Маратович заверяю:

Руководитель секретариата А.С. В. Чермарз

