

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

**доктора физико-математических наук Осипцова Андрея Александровича
на диссертационную работу Буденного Семена Андреевича
«Численное моделирование многостадийного гидроразрыва
пласта в горизонтальной скважине»,
предоставленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук
по специальности 25.00.10 – «геофизика, геофизические методы поисков
полезных ископаемых»**

Оценка актуальности исследования: актуальность развития моделей для многостадийного гидроразрыва пласта бесспорна в свете государственного запроса на импортозамещение нефтесервисных технологий (в частности, многостадийного гидроразрыв пласта (ГРП)) и разработку ассоциированного программного обеспечения, которое используется для дизайна, планирования и контроля применения технологий ГРП.

Оценка научной новизны исследования: научная новизна работы состоит в реализованном подходе, позволяющем решать совместно задачи упругости и разрушения в породе с неоднородным геологическим разрезом, течения смеси жидкости неньютоновской реологии и дисперсной фазы в канале трещины и в стволе скважины, а также взаимного влияния трещин.

Достоверность результатов исследования: достоверность результатов, полученных в диссертационной работе, обусловлена непротиворечивостью математических моделей, использованием обоснованных замыкающих соотношений, а также подтверждающимися практикой в нефтегазовой индустрии при планировании и проведении работ по ГРП. Численные решения проверены на сходимость и выполнение закона сохранения массы. Верификация численного решения также проводилась путем сравнения с результатами аналитических и полуаналитических решений, а также с результатами, полученными в работах других авторов. Основные результаты представлены на ведущих российских

конференциях. На разработанное программное обеспечение, содержащее ключевые результаты диссертации, получено 6 свидетельств о государственной регистрации

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов:

Разработанные модели позволяют исследовать и оценить влияние эффектов концевой экранирования, эффекта взаимного влияния трещин, влияния режима закачки рабочей смеси на динамику роста трещин при МГРП для оптимизации добычи на скважине. Некоторые результаты диссертации легли в основу разработки коммерческого симулятора ГРП, который используется для сопровождения полевых работ по ГРП.

Основные результаты и положительные стороны исследования: основные положения, выносимые на защиту:

- предложена комплексная физико-математическая модель для описания динамики МГРП с учетом сопряженной геомеханической модели роста трещин и течения суспензии в трещинах;
- разработан численный алгоритм связанного решения задач массопереноса и геомеханики в приложении к моделированию МГРП;
- разработан программный комплекс для проектирования дизайна МГРП.

Работа выполнена на высоком научном уровне.

Замечания: условно к недостаткам исследования можно отнести определенные ограничения моделей и ограниченность набора данных для валидации и верификации, что не умаляет высокой общей оценки данной работы и может скорее служить рекомендациями по дальнейшему развитию данного направления:

- при моделировании течения суспензии в трещинах ГРП желательно использовать двумерную модель (сейчас использована одномерная) для более корректного учета эффектов неустойчивости Сэффмана-Тейлора при вытеснении чистой жидкости и суспензии, гравитационной конвекции

суспензии, гравитационного осаждения частиц и формирования осадка на дне трещины;

- В работе отсутствует обоснование пренебрежения конвективного члена в уравнении закона сохранения импульса для течения смеси в скважине;
- Желательно расширить набор данных для валидации программного комплекса и включить достаточное количество реальных полевых данных по ГРП на месторождениях, а также синтетических данных, полученных с помощью других программных комплексов, в том числе коммерческих.
- К недостаткам оформления можно отнести небольшой отступ справа от края страницы до текста диссертации. Также было бы желательно добавить иллюстрацию со схемой горизонтальной скважины с МГРП в самом начале изложения при обосновании актуальности темы, чтобы сформировать у читателя визуальный образ изучаемого объекта.

Указанные замечания не снижают высокой оценки диссертации в целом.

Заключение: таким образом можно сделать вывод, что диссертационная работа Буденного Семена Андреевича это законченная научно-квалификационная работа, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний (развитие программных комплексов для моделирования технологии гидроразрыва пласта). Диссертационная работа Буденного Семена Андреевича удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ N842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор, С.А. Буденный, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Я, Осипцов Андрей Александрович, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертационной работы Буденного Семена Андреевича, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

Осипцов Андрей Александрович,

доктор физико-математических наук, специальность ВАК 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы», доцент, руководитель лаборатории моделирования многофазных систем Центра добычи углеводородов, Автономная некоммерческая организация высшего образования Сколковский институт науки и технологий.

2 декабря 2019 г.



Адрес: ул. Нобеля, 3, Москва, Московская обл., Россия, 121205;

телефон: +7 (495) 280 14 81;

E-mail: A.Osipov@skoltech.ru

Подпись д.ф.-м.н. Осипцова А.А. удостоверяю:



Руководитель отдела кадрового администрирования,

АНО ВО «Сколковский институт науки и технологий»

Гук О.С.

