

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Буденного Семёна Андреевича

«Численное моделирование многостадийного гидроразрыва пласта в горизонтальной скважине», предоставленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»

### **Заключение об актуальности исследования:**

Рентабельное вовлечение нетрадиционных запасов углеводородов требует пересмотра существующих технологий с точки зрения применимости, не является исключением и технология гидроразрыва пласта (ГРП), экономически обоснованная адаптация которой при разработке нетрадиционных запасов сводится к проведению многостадийного ГРП (МГРП) в горизонтальных скважинах. Основную долю успешности планирования дизайна МГРП для горизонтальных скважин определяет физико-математическая модель инструмента, на базе которой осуществляется планирование. В свете этого диссертационная работа Буденного С.А. является актуальной, так как при взвешенных физических допущениях позволяет в совместной форме моделировать процессы, протекающие при МГРП, с фокусом на решение прикладных задач нефтяного инжиниринга.

### **Заключение о научной новизне исследования:**

Научная новизна работы состоит в реализованном комплексном подходе, позволяющем решать совместно задачи упругости и разрушения в породе с неоднородным геологическим разрезом, массопереноса смеси жидкости неньютоновской реологии и дисперсной фазы в канале трещины и в стволе скважины, а также взаимного влияния трещин друг на друга. Предложено расширение классической модели РЗД до модели, учитывающей неявно вязкостную диссипацию энергии в процессе роста в неоднородном геологическом разрезе. Предложен подход к расщеплению геомеханической и гидродинамической задач, позволяющий оптимально с точки зрения временных затрат проводить численное моделирование роста одиночной трещины ГРП.

### **Достоверность результатов исследования:**

В основе реализованной автором модели ГРП лежат уравнения неразрывности и сохранения моментов импульса, а также замыкающие соотношения, достоверность которых подтверждена большим количеством экспериментов. Валидация численного решения проводилась путем сравнения с результатами аналитических и полу-аналитических решений, а также с результатами, полученными в статьях сторонних авторов.

### **Теоретическая и практическая значимость полученных результатов:**

Результаты Буденного С.А. легли в основу промышленного симулятора ГРП, нацеленного на решение прикладных задач нефтяного инжиниринга: анализ эффекта концевой экранирование, анализ эффекта интерференции трещин при многостадийном ГРП, анализ влияния режима закачки на профиль закрепленной проппантом трещины. Ключевые результаты аспиранта легли в основу разрабатываемого коммерческого программного обеспечения, получено 6 свидетельств о государственной регистрации.

### **Основные результаты и положительные стороны исследования:**


Основным результатом работы является комплексное решение, позволяющее связно описать все ключевые процессы при гидроразрыве пласта. Положительной стороной исследования является возможность проведения численных экспериментов на базе разработанной физико-математической модели в приложении к прикладным задачам нефтяного инжиниринга.

### Характеристика работы аспиранта над темой:

В ходе работы над диссертацией Буденный С.А. провел расширенный литературный анализ научных подходов в разрезе математического моделирования технологии ГРП, на базе которого самостоятельно сформулировал ключевые положения по проблематике темы моделирования ГРП, корректно поставил задачу исследования, принимая во внимание практический интерес – возможность применения математической модели для решения прикладных задач. Аспирант принял участие в региональных и международных научно-исследовательских конференциях, семинарах, конкурсах среди аспирантов, где неоднократно занимал призовые места.

### Заключение:

Учитывая сказанное, считаю, что диссертация С.А. Буденного представляет собой законченную работу, выполненную на высоком научном уровне, отвечает требованиям положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней, а ее автор Буденный Семен Андреевич безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Научный руководитель:   
д.т.н., профессор, директор по науке  
ПАО «Газпром нефть»

Хасанов М.М.  
«05» августа 2019 г.

*Подпись научного руководителя должна быть заверена*

  
Подписант по доверенности  
№ НК-346 от 15.03.2019г.  
  
Е.В. ПРОТАСОВА