

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу
Баёва Михаила Алексеевича «Обоснование параметров процесса
закрепления трещин гидроразрыва угольных пластов при извлечении
метана с использованием песков местных месторождений»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных
пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»**

1. Актуальность избранной темы

Вопросы повышения эффективности извлечения метана из угольных пластов при дегазации на угольных шахтах и промышленной добыче метана как самостоятельного полезного ископаемого являются предметом исследования ученых многих стран на протяжении значительного периода времени. Гидравлический разрыв относится к наиболее часто используемым методам внешнего воздействия на угольный пласт, позволяющим увеличить продуктивность метаноугольных скважин. Успешность гидроразрыва определяется свойствами пласта и параметрами создаваемых трещин, причем недостаточно изученной можно считать проблему закрепления трещин разрыва. В общем случае в результате гидроразрыва стремятся создать глубоко проникающие в пласт трещины высокой проницаемости. Процесс транспортирования и распределения в трещине разрыва пропанта, а также его характеристики требуют дальнейшего изучения. На практике особое значение при этом имеет режим подачи гидросмеси в скважину с учетом физических свойств расклинивающего материала, при котором скорость гидросмеси в трещине разрыва позволяет переносить пропант вдоль трещины без его преждевременного осаждения и, следовательно, заполнять требуемый интервал трещины расклинивающим материалом. При этом необходимо обеспечить сохранение фильтрационных характеристик угольного пласта и трещины разрыва, а также снижение экономических затрат на проведение гидроразрыва. Возможным решением отмеченных проблем является применение в качестве рабочей жидкости воды, а в качестве закрепляющего материала – песка.

На основании изложенного актуальность решаемой автором научно-технической задачи по обоснованию параметров процесса закрепления трещин гидроразрыва угольных пластов при извлечении метана с использованием песков местных месторождений не вызывает сомнений.

2. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В соответствие с поставленной целью автором вполне обоснованно рассмотрены задачи разработки методики гидродинамического расчета процесса закрепления трещин гидроразрыва угольных пластов, определения физических свойств кварцевых песков местных месторождений и разработки рекомендаций по закреплению трещин гидроразрыва угольных пластов.

При решении первой задачи автором дано обоснование наиболее подходящей модели течения гидросмеси в трещине гидроразрыва, а в качестве одного из параметров процесса закрепления принята критическая скорость движения гидросмеси в трещине. Методами теории подобия и анализа размерностей величин, определяющих гидравлические сопротивления трещины, было получено выражение для определения критической скорости движения гидросмеси, которая, согласно выполненным расчетам, для условий гидроразрыва не превышает 1 м/с. При рассмотрении движения гидросмеси вдоль трещины разрыва необходимо учитывать падение скорости за счет утечек транспортирующей жидкости в угольный пласт и радиального характера потока. Это может стать причиной невозможности дальнейшего заполнения пропантом трещины гидроразрыва. Построена приближенно-аналитическая модель течения гидросмеси в горизонтальной и вертикальной трещинах разрыва и установлены зависимости интенсивности фильтрации от проницаемости угольного пласта и геометрии области фильтрации. Новизна полученных результатов заключается в том, что интенсивность фильтрации транспортирующей жидкости линейно зависит от коэффициента проницаемости угольного пласта и кубически от раскрытия трещины, незначительно зависит от давления на скважине и линейно влияет на фазовую проницаемость трещины разрыва, при этом в горизонтальной трещине значение интенсивности фильтрации в 2–8 раз больше, чем в вертикальной. Полученные результаты позволяют обоснованно определять режимы подачи гидросмеси и концентрацию пропанта в ее составе.

Для решения задачи по определению физических свойств кварцевых песков местных месторождений автором был выполнен анализ сырьевой базы месторождений песков Кемеровской области и ближайших регионов, отобраны пробы для экспериментальных исследований. Результаты показали, что в естественном состоянии пески всех рассмотренных месторождений содержат значительное количество пылевидных и глинистых частиц и нуждаются в качественной промывке. Для выбранных фракций песка

определенены насыпная и истинная плотности, пустотность, а также были выполнены специальные исследования по определению значения показателя степени раздавливания. Новизна полученных результатов заключается в определении границ показателя степени раздавливания местных песков с учетом изменения насыпной плотности. При этом установлено, что массовая доля гранул песка, разрушенных под действием сжимающей нагрузки, линейно уменьшается с увеличением насыпной плотности песка. Рекомендовано первоначально месторождения песков для использования при операциях гидроразрыва угольных пластов выбирать, основываясь на значении насыпной плотности, которое находится в диапазоне от 1,20 до 1,58 г/см³ для песков местных месторождений.

При решении третьей задачи определено, что подходящими для проведения гидроразрыва являются угольные пласты проницаемостью менее $10 \cdot 10^{-15}$ м². Автором разработана методика и изложены результаты испытаний по определению коэффициента проницаемости закрепленных трещин гидроразрыва с использованием оригинальной лабораторной установки. Новизна предложенного подхода заключается в определении проницаемости закрепленной местными песками трещины разрыва с учетом влияния свойств и условий залегания угольных пластов. Анализ полученных результатов показал, что применение песков местных месторождений фракций от (0,8 – 0,4) мм до (0,4 – 0,2) мм и учет гидродинамических особенностей движения гидросмеси в трещине разрыва обеспечивают ее проницаемость в пределах $(42 – 112) \cdot 10^{-12}$ м² и увеличение дебита скважины в 1,5–2 раза при проведении гидроразрыва угольных пластов на глубине до 1400 м. Кроме этого показано, что экономический эффект от применения разработанных рекомендаций при проведении гидроразрыва угольных пластов может составить более 100 тыс. руб. на одну скважину.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Установленные закономерности изменения интенсивности фильтрации транспортирующей жидкости из трещины разрыва в зависимости от проницаемости угольного пласта и геометрии области фильтрации обеспечены корректностью применения методов гидродинамического моделирования и использования классических методов решения задач математической физики.

Установленная взаимосвязь между физическими свойствами песков местных месторождений подтверждается достаточным объемом

экспериментальных исследований и использованием сертифицированного лабораторного оборудования и стандартизованных экспериментальных методов исследования.

Рекомендуемые параметры закрепления трещин гидроразрыва угольных пластов подтверждают результаты выполненных расчетов и экспериментальных исследований по определению коэффициента проницаемости закрепленных песком трещин гидроразрыва, проведенных с использованием оригинальной лабораторной установки.

4. Значимость результатов, полученных автором диссертации

Научное значение работы состоит в разработке методики расчета интенсивности фильтрации транспортирующей жидкости в угольный пласт и определении условий применения закрепляющего материала в трещинах разрыва.

Выявлены наиболее перспективные местные месторождения кварцевых песков для закрепления трещин гидроразрыва на метаноугольных месторождениях Кузбасса – «Зеленая зона» (Кемеровская область) и «Виленское» (Томская область).

Для практического применения основных результатов диссертации разработаны «Методические рекомендации по выбору кварцевых песков для закрепления трещин гидроразрыва на метаноугольных месторождениях Кузбасса», принятые к применению ООО «Газпром добыча Кузнецк».

5. Замечания по работе

1. Как учитывается влияние геомеханического состояния углепородного массива на процесс закрепления трещин гидроразрыва?

2. В главе 2 диссертации при рассмотрении течения гидросмеси в горизонтальной и вертикальной трещине на рисунках 2.1 и 2.2 следовало бы показать оси соответственно цилиндрической и прямоугольной систем координат.

3. При расчете интенсивности фильтрации транспортирующей жидкости в угольный пласт (результаты представлены на стр. 54–57 диссертации и на стр. 12 автореферата) не приводится обоснование принятой величины объемной концентрации транспортирующей жидкости в потоке гидросмеси.

4. В таблице 3.2 на стр. 69–70 диссертации при описании результатов определения плотностных свойств песков различных месторождений

приведены три зависимые друг от друга характеристики (насыпная плотность, истинная плотность и пустотность), связанные очевидной формулой. Достаточно было привести две.

5. Несмотря на большой объем работ по определению физических свойств песков местных месторождений (глава 3 диссертации), дополнительно можно было провести исследования по оценке формы зерен, степени окатанности и других особенностей.

6. Почему для закрепленных песком трещин гидроразрыва определяли коэффициент проницаемости по жидкости (стр. 97 диссертации), а не по газу?

Замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертации.

6. Общая оценка работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 187 наименований, 4 приложений, изложена на 137 страницах машинописного текста, содержит 22 рисунка и 16 таблиц.

В первой главе приведен анализ особенностей метаноугольных месторождений и методов интенсификации газоотдачи угольных пластов, дана оценка использования закрепляющих материалов и рассмотрены вопросы их транспортировки и размещения в трещине гидроразрыва. Вторая глава посвящена разработке методики гидродинамического расчета основных параметров процесса закрепления трещин гидроразрыва угольных пластов. Получены выражения для определения критической скорости потока гидросмеси в трещине разрыва и интенсивности фильтрации транспортирующей жидкости в угольный пласт, приведены результаты расчета и их оценка. В третьей главе приведены методики и анализ результатов лабораторных экспериментальных исследований физических свойств песков месторождений Кемеровской области и ближайших регионов. В четвертой главе рассмотрены методика и результаты лабораторных исследований по определению коэффициента проницаемости закрепленных трещин гидроразрыва. Приведены разработанные рекомендации по закреплению трещин гидроразрыва угольных пластов и оценка технико-экономической эффективности их применения.

Язык и стиль диссертации не вызывают замечаний, изложение материала логичное, четко сформулированы выводы и рекомендации. Основные результаты научных исследований по теме диссертации

достаточно полно отражены в научной печати. Содержание автореферата полностью отражает основные положения диссертационной работы. Научные положения, выводы и рекомендации работы обоснованы и достоверны, нашли применение на практике.

В целом, диссертация Баёва Михаила Алексеевича является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по обоснованию параметров процесса закрепления трещин гидроразрыва угольных пластов при извлечении метана с использованием песков местных месторождений, включающее в себя учет особенностей фильтрации транспортирующей жидкости в угольный пласт и оценку физических свойств песков местных месторождений, обеспечивающих повышение проницаемости и метаноотдачи, что имеет существенное значение для промышленной добычи метана угольных пластов и совершенствования существующих методов дегазации на угольных шахтах.

Изложенное выше позволяет сделать заключение о том, что рассматриваемая диссертационная работа соответствует критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» (утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.02.2013 г. № 842), соответствует паспорту научной специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэrogазодинамика и горная теплофизика», а ее автор Баёв Михаил Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
заведующий лабораторией физических методов
воздействия на массив горных пород
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт горного дела им. Н. А. Чинакала
Сибирского отделения
Российской академии наук

Сердюков
Сергей Владимирович

22.12.2020 г.

Почтовый адрес: 630091, Россия, Новосибирск, Красный проспект, 54
Тел. +7 (383) 205–30–30; E-mail: ss3032@yandex.ru

Подпись официального оппонента, заведующего лабораторией физических методов воздействия на массив горных пород Федерального

государственного бюджетного учреждения науки Институт горного дела им. Н. А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, доктора технических наук Сердюкова Сергея Владимировича заверяю:

Ученый секретарь
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт горного дела им. Н. А. Чинакала
Сибирского отделения
Российской академии наук, к.т.н.

Хмелинин
Алексей Павлович

22.12.2020 г.

