

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Горинова Сергея Александровича на тему: «Научно-технические основы и технологии обеспечения устойчивой детонации эмульсионных взрывчатых веществ в скважинных зарядах», представленную на соискание ученой доктора технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

Актуальность работы

В структуре промышленной добычи полезных ископаемых значимое место занимают взрывные технологии, связанные с производством промышленных взрывчатых веществ (ПВВ) и применением их на горных предприятиях. В настоящее время наиболее распространены эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ), основными преимуществами которых перед многочисленными ПВВ других классов являются их высокие потребительские характеристики. Это обеспечивает их применение в различных горно-геологических условиях открытых и подземных горных разработок. Однако, несмотря на высокое качество современных ЭВВ и их востребованность на рынке ПВВ, при их использовании возникают трудности, связанные, прежде всего, с возникновением резкого перехода на низкоскоростные режимы детонации скважинных зарядов ЭВВ или их выгоранию. Что объясняется разнообразием условий применения и недостаточным уровнем исследований закономерностей распространения детонации в скважинных зарядах ЭВВ.

В связи с этим, актуальность избранной диссертантом темы не вызывает сомнений.

Основной целью диссертации является разработка научно обоснованной технологии обеспечения устойчивой детонации скважинных зарядов ЭВВ, основанной на выявлении закономерностей влияния различных факторов структуры зарядов ЭВВ и условий взрывания на детонационные процессы.

Научная новизна работы заключается в разработке физико-математической модели детонации ЭВВ, учитывающей не только рецептурный состав, плотность эмульсии, плотность ЭВВ, радиус сенсibiliзирующих пор, но и размер частиц дисперсной фазы эмульсии, а также параметры инициирующего воздействия. Использование данной модели позволяет осуществлять оценку устойчивости распространения детонации в скважинном заряде ЭВВ. Автором впервые установлены условия образования ячеистой структуры детонационного фронта и условия, при которых потеря устойчивости детонации в скважинном заряде ЭВВ обусловлена процессами, связанными с переходом детонации из режима

ячеистой детонации на режим стационарного однородного фронта, а условием обрыва детонации ЭВВ или ее перехода на низкоскоростные режимы в скважинном заряде ЭВВ служит условие разрушения ячеистой структуры детонационного фронта.

Определено также аналитическое выражение, описывающее условия смены режимов распространения детонационной волны в скважинном заряде ЭВВ, что позволяет разрабатывать технологии и технологические способы обеспечения устойчивого прохождения детонации по всей длине заряда.

Впервые получены расчетные зависимости для определения параметров промежуточных детонаторов для инициирования ЭВВ, в которых учитываются детонационные и геометрические характеристики промежуточных детонаторов (ПД) и рецептурно-микроструктурные параметры ЭВВ. А при выборе параметров ПД для возбуждения детонации в скважинных зарядах ЭВВ, необходимо учитывать детонационные и геометрические параметры ПД, сжимаемость разрушаемых пород, а также рецептурные и микроструктурные характеристики ЭВВ. Автором установлено, что для того, чтобы избежать негативных последствий неполной детонации скважинных зарядов ЭВВ при выполнении взрывных работ, необходимо учитывать структуру ЭВВ и плотность зарядов с учетом радиуса газовых пор.

Автору впервые удалось установить, что в случае участия в возбуждении детонации отраженных от стенки скважин ударных волн, важную роль играют такие факторы, как сжимаемость горных пород, окружающих заряд ЭВВ, и геометрические параметры, характеризующие форму, размеры ПД и отражающей поверхности.

Практическая значимость результатов работы заключается в том, что автором предложены методы расчета плотности, рецептуры, микроструктуры, а также параметров и месторасположения ПД, обеспечивающие прохождение детонации по всей колонке скважинного заряда ЭВВ. Разработаны рекомендации по применению удлиненных эмульсионных ПД, в которых учитываются рецептурные, микроструктурные характеристики инициируемых ЭВВ, диаметр взрывных скважин и крепость разрушаемых горных пород. На основании выполненных исследований даны рекомендации по оптимальным размерам ПД, применяемых в эмульсионных ВВ. Сделанный на основании теоретических исследований вывод о надежности распространения детонации в направлении уменьшения размеров газовых пор (направление - «ПД - забой нисходящей скважины») пока плотность ЭВВ будет меньше критической, нашел экспериментальное подтверждение. Данное обстоятельство позволяет рассматривать многоточечное и встречное инициирование как один из методов обеспечения полноты взрывчатого разложения при применении нисходящих скважинных зарядов ЭВВ. Разработана и внедрена методика расчета плотности, рецептуры, микроструктуры ЭВВ, а также параметров и месторасположения ПД, обеспечивающие прохождение детонации по всей колонке скважинного

заряда. Данные рекомендации успешно внедрены в промышленное производство.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается большим объемом информации, подвергнутой анализу; экспериментальными данными, соответствующими современным представлениям о механизме исследуемых явлений; использованием современных математических методов обработки полученных данных, разработкой технических решений, реализованных непосредственно в условиях производства. Выполненные теоретические исследования находят многочисленные подтверждения в практике применения скважинных зарядов ЭВВ. Анализ проведенных опытов и экспериментов по изучению распространения детонации в скважинных зарядах ЭВВ, сенсibilизированных газовыми порами, показывает, что при детонации указанных ЭВВ, независимо от химической природы их окислительной фазы и размеров частиц эмульсии, могут возникать скачкообразные переходы на низкоскоростные режимы детонации или даже обрывы детонационного процесса, которые экспериментально зафиксированы.

Все научные положения, защищаемые автором, в достаточной степени обоснованы, а их достоверность и новизна не вызывает сомнений.

Общая оценка диссертации

Диссертация Горинова С.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой автором решена научная проблема обеспечения устойчивой детонации скважинных зарядов ЭВВ и повышения эффективности взрывного разрушения массивов горных пород, имеющая важное хозяйственное значение.

Диссертация написана хорошим языком, с использованием соответствующей специальности терминологии, изложена логично и последовательно, выводы каждой главы являются основанием для материалов последующих разделов работы.

Основные результаты и выводы работы достаточно обоснованы и достоверны.

Защищаемые научные положения, выводы и рекомендации соответствуют п. 8 паспорта специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Автореферат и опубликованные автором работы полностью соответствуют содержанию диссертации.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. В тексте диссертации имеются стилистические и терминологические неточности, которые требуют пояснения. Например, «при втекании эмульсии под действием ударной волны в газовую пору будет наблюдаться разбитие ее потока на дискретные слои» (с.15 реферата); «возгорания уплотненной эмульсии» (с.12 реферата). Термины, принятые для характеристики состояния детонационного фронта в ЭВВ: «абсолютно устойчивый», «нейтрально устойчивый» и «неустойчивый», заимствованы автором из математической газодинамики. Однако, учитывая техническую направленность работы, представляется целесообразным использовать более ясные для технической науки термины.

2. В диссертации при рассмотрении процессов разогрева вещества аммиачной селитры по контакту слоев из-за трибомеханического разогрева поверхностей скольжения (выражение 2.72 диссертации) присутствует показатель - коэффициент внутреннего трения аммиачной селитры. Однако, не ясно, при каких условиях и температуре определяется значение этого показателя?

3. Полученные в ходе исследования результаты, позволяют оценить опасность инициирования ЭВВ быстро летящим твердым телом, что представляет значительный интерес при рассмотрении вопросов безопасного использования ЭВВ в условиях возможного внешнего воздействия на емкости с эмульсией или ЭВВ. Однако, таких оценок в работе не приведено.

4. Для облегчения восприятия физическо-математической модели детонации ЭВВ автору желательно было отметить, что показатель политропы продуктов взрыва в уравнении (2.8), которое описывает изменение давления во взрывных газах при их расширении, является параметром, определяемым при совместном решении уравнений сохранения энергии, импульса и газового состояния, а не константой ЭВВ. Такой подход достаточно распространен при теоретическом описании детонации ЭВВ в работах Медведева А.Е., Решетняка А.Ю. и др. исследователей. Следует признать, что данное представление является вполне допустимым в связи с зависимостью термодинамических параметров взрывных газов в зоне реакции не только от начальной плотности и химического состава ЭВВ, но и от их микроструктуры. При этом отличительной особенностью работы Горинова С.А. от других исследований является учет размера частиц окислительной фазы эмульсии и параметров инициирующего воздействия на детонационные характеристики ЭВВ.

5. В выводах автора не прозвучало, что при инициировании заряда ЭВВ, расположенного в окружении горных пород малой крепости, целесообразно использовать удлиненные ПД, изготовленные из

высокоплотных ВВ с большой скоростью детонации, хотя данный вывод непосредственно следует их полученных диссертантом результатов.

6. В работе отсутствуют исследования и рекомендации, связанные с выбором материала пор - стекло, пластик, газогенерация в зависимости от структуры ЭВВ и условий взрывания.

7. Из работы неясно, справедливы ли рекомендации автора для взрывания глубоких скважин, имеющих различное пространственное положение в подземных горных технологиях?

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости выполненной диссертации.

Заключение

Диссертация отвечает всем критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней и требованиям ВАК к докторским диссертациям, а ее автор – **Горинов Сергей Александрович** заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Официальный оппонент,

профессор, доктор технических наук, профессор Горного института (МГИ) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». Россия, 119049, г. Москва, Ленинский пр., д. 4. Тел. (499) 230-25-68, bvamggu@mail.ru,

Белин Владимир Арнольдович



Белин В.А.

Подпись профессора Белина В.А. заверяю:

Директор Горного института (МГИ) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» профессор, доктор экономических наук Мясков Александр Викторович.



Мясков А.В.