

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу

МИХЕЕВА Дениса Иголевича

на тему: «**Научные аспекты разработки водно-гелевых составов на основе утилизируемых пироксилиновых порохов для обеспечения необходимых параметров детонации**»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.07 - «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ» (технические науки)

Актуальность работы. Диссертационная работа МИХЕЕВА Д.И. посвящена решению ряда задач, связанных с разработкой и совершенствованием технологических процессов по актуальной для страны проблеме утилизации высокоэнергетических материалов (ВМ), высвобождаемых при расснаряжении боеприпасов (б/п) и/или снимаемых с хранения по завершению гарантийных сроков. За основу выбран промышленный способ утилизации, как наиболее эффективный по техническим и экономическим показателям, а также по безопасности исполнения на всех операциях и стадиях. В качестве конкретного исполнения рассматривается способ переработки высвобождаемых ВМ в промышленные взрывчатые вещества (ПВВ) смесового типа для последующего использования для разрушения горных пород и других объектов. Отличительными особенностями этого способа являются: использование ВМ в соответствии с их исходным целевым назначением и энергетическим потенциалом, обеспечение безопасности переработки на специализированных предприятиях квалифицированным персоналом, исключение локальных зон с повышенным загрязнением образующимися продуктами взрыва за счет их "разбавления" до малых концентраций в больших количествах разрушаемых горных пород и окружающей атмосферы.

В группу наиболее сложных по применимости для вторичного использования в ВВ входят пороха пироксилиновые (ПП), для которых первичным целевым ("штатным") является режим горения, но при определенных условиях ПП способны к превращению в форме взрыва. Одним из основных способов изменения режима превращения ПП является введение в массу пороховых элементов жидких или жидко-вязких наполнителей с малой сжимаемостью при динамических взрывных воздействиях. В качестве наиболее рациональных наполнителей признаются водные гели, которые могут содержать дополнительные, участвующие во взрывном превращении, компоненты и одновременно позволяют решить существенную проблему переработки ПП - склонность их к электризации и чувствительность к разрядам статического электричества.

Особенности состава и структуры (конструктивных параметров зерен) ПП, которые претерпевают существенные изменения в процессе хранения в течение длительных сроков и выполняемых при этом процедур ремонта определяют необходимость детального изучения явлений, протекающих при

смешении ПП с дополнительными компонентами и при использовании полученных смесей по "новому" назначению в качестве ПВВ. Эти вводные доводы определяют **актуальность** выбранного направления исследований и полученных результатов рассматриваемой работы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Важнейшим преимуществом работы является выполнение экспериментов с регистрацией параметров взрыва создаваемых пороховых водно-гелевых составов (ПВГС) по общепринятым методикам и последующего анализа полученных результатов в сопоставлении с данными других исследователей, а также с результатами расчетных методов. Это определяет и подтверждает обоснованность выносимых на защиту положений, а также выводов по всем разделам работы и итоговых рекомендаций. Аргументы, на основании которых сделано это заключение, более детально представлены далее по тексту отзыва

Достоверность и новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций. Основная часть результатов экспериментов, выполненных с регистрацией параметров взрыва ПВГС по известным и хорошо отработанным методикам, получена впервые. Все эксперименты выполнялись с проведением нескольких, как правило 3-х, параллельных измерений. При каждой серии опытов проводилось тестирование аппаратного комплекса путем контрольных опытов в аналогичных условиях с ВВ, широко применяемым в промышленности: Аммонит 6ЖВ, состав А-IX-I.

Рациональное сочетание известных методов измерений и оригинальных решений при задании состава ПВГС, а также конструкции испытуемой сборки позволили получить новые и оригинальные результаты. Особо следует выделить результаты, полученные при "визуализации" эффектов взрыва зарядов ПВГС ограниченных размеров с использованием металлических подложек - "свидетелей", доступных для объективного анализа в течение неограниченного времени.

При регистрации параметров взрыва по электромагнитной методике для ПВГС зафиксированы существенные отличия в структуре головной части детонационной волны, характеризующиеся меньшей величиной пикового давления, отсутствием явно выраженного пика ("химпика") и более плавным спадом давления во времени. Это соответствует общим представлениям о поведении при взрыве гетерогенных ВВ, но имеет отличия, обусловленные значительным различием физико-механических свойств пороха и геля.

Значимость для науки и практики полученных результатов. Результаты, полученные при визуализации последствий взрыва ПВГС по следу на специально подготовленных пластинах-свидетелей и аномальные проявления на кривых изменения давления при испытаниях в электромагнитном поле позволяют уточнить существующие представления о механизме явлений при взрыве, которые в ПВГС происходят с образованием неоднородного детонационного фронта и выделением в его структуре потоков (струй), со скоростью, превышающей усредненную по сечению заряда.

Установлено, что для повышения детонационной способности (по критическому диаметру детонации) и параметров взрыва ПВГС более эффективными являются гели, содержащие в составе горючий компонент (карбамид). Такие гели способны к самостоятельному превращению в форме взрыва с соответствующим вкладом в общую энергию взрыва.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов. Факторы, изложенные в предыдущих пунктах определяют практическую ценность полученных результатов и рекомендаций для промышленного применения: составы ПВГС должны компоноваться с использованием гелей, содержащих горючие компоненты и должны быть подвергнуты структурированию для сохранения первичной структуры распределения зерен ПП в ВВ при последующей переработке: транспортировании, хранении, зарядании во взрывные полости.

Важным для практики является зафиксированное в работе уменьшение детонационной способности ПВГС при использовании ПП с нарушенной структурой зерен ПП, происходящей при отклонении условий хранения ПП от заданных.

Применение результатов работы на практике подтверждено актом внедрения (приведен в приложении к тексту диссертации).

Практическую ценность работы определяют рекомендации с конкретными данными по исполнению и/или корректировке составов и технологических приемов переработки ПВГС предприятиям, осуществляющих изготовление и применение. Важными и общими для оценки практической ценности работы являются установленные закономерности изменения параметров взрыва (детонации) ПВГС в зависимости от химического состава гелей и особенностей ПП, состояние и свойства которого существенно изменяются в процессах длительного хранения, а также переработки, включая процедуры "ремонта" на промежуточных стадиях хранения.

Общая характеристика диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, 3-х глав основного текста, заключения, списка литературы, включающего 100 ссылок, и 3-х приложений, включая акт внедрения результатов. Общий объем работы - 157 страниц машинописного текста, в котором представлено 45 рисунков и 35 таблиц. По материалам диссертации опубликовано в соавторстве с другими исследователями 12 печатных работ, в том числе: 2 – в изданиях, индексируемых международной научной базой Scopus, 10 - в изданиях, индексируемых РИНЦ, 7 из которых входят в перечень рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК.

В первой главе изложены результаты анализа реального состояния на текущий момент времени проблемы утилизации высокоэнергетических компонентов боеприпасов (б/п) - ВВ, порохов, высвобождаемых при расснаряжении после завершения допустимых сроков хранения. Эта часть анализа выполнена с использованием официальных документов, регламентирующих процессы утилизации б/п в РФ.

Основная часть литературного обзора построена на анализе научно-технических публикаций исследователей по названной проблеме из различных отраслей науки и промышленности: разработчиков и изготовителей б/п, разработчиков ВВ специального назначения и для промышленности, научных центров, включая институты АН РАН, институтов горного профиля и др. Обзор начат с анализа публикаций в печати работ, которые можно признать "пионерными" (Н.М. Сытый) и/или фундаментальными (А.Я. Апин, М.А.Будников и др.) по теме работы. Обзор достаточно представительен и содержит ссылки на широкий круг исследователей, отечественных и зарубежных, до настоящего времени.

По результатам анализа материалов по литературному обзору определены задачи и направления исследований по изучению свойств и совершенствованию составов смесевых ВВ на основе пироксилиновых порохов и водных гелей.

Во второй главе работы приведены результаты оценочных расчетов параметров детонации пороховых водно-гелевых составов. Значимость и ценность этой части работы состоит в том, что она соответствует современным тенденциям широкого использования расчетных методов, позволяющих сократить объемы испытаний в лабораторных и промышленных условиях, особенно затратных по стоимости и обеспечению безопасности при работе с ВМ (ВВ, ПП). Расчеты выполнены по методике, разработанной в РХТУ (МХТИ) им Д.И. Менделеева под руководством Б.Н.Кондрикова. Особенность этой части работы, успешно выполненной автором самостоятельно, состоит в том, что методика разработана для расчета параметров детонации взрывчатых систем гомогенных по структуре. Изучаемые в работе ПВГС являются очень сложными по строению гетерогенными системами в виде композиции твердых частиц-зерен порохов с газовыми включениями различных размеров (поры и каналы) и гелей, отличающихся от жидкостей по структуре и реологии. Результаты расчетов сопоставлены с результатами экспериментов, выявленные при этом отклонения объяснены на основе названных выше особенностей, а сами результаты расчетов использованы для оценки возможных пределов изменения параметров при детонации ПВГС.

Третья глава, посвященная описанию методик и результатов исследований, является базовой основой диссертационной работы Михеева Д.И. Особая ценность и важность этой части работы в том, что она выполнена с проведением экспериментов со взрывом зарядов ВВ, что в современных условиях весьма сложно в силу большого количества ограничивающих условий по транспортировке, хранению и использованию ВВ и средств инициирования (СИ).

Эксперименты выполнены в соответствии с правилами, установленными и реализуемыми в РХТУ (МХТИ) им Д.И.Менделеева в течение нескольких десятилетий в рамках деятельности научной школы К.К.Андреева и его учеников (Б.Н.Кондриков, В.Г. Хотин, Е.Ю. Орлова и др.). Одним из таких правил является строгий подход к выбору и/или

подготовке компонентов исследуемых смесей по "чистоте" и дозировкам. В рассматриваемой работе это соблюдено, но с некоторыми отличиями для порохов, которые представлялись на испытания в готовом виде и могли содержать включения (отдельные зерна) неопределенного состава. Этот факт отражен в результатах экспериментов.

Оценка результатов по определению способности ПВГС к взрыву в зарядах заданных размеров и конструкции осуществлялась с использованием надежного и многократно проверенного метода фиксации последствий взрыва с помощью пластин-"свидетелей", на которых испытуемый заряд располагался в заданном положении. Этот метод обеспечивает однозначное толкование результата и возможность его анализа в течение необходимого (длительного) времени без влияния случайных факторов, например, ошибок в работе аппаратуры. Самым интересным и представительным результатом по этому методу в рассматриваемой работе является визуализация "следа" от взрыва заряда ПВГС с фиксированным, перпендикулярным свидетелю, расположением пороховых зерен. Это позволило выявить аномалии "следа" в различных зонах свидетеля и соответствующий этому механизм протекания взрыва в пороховых зернах и окружающем их геле с различием по интенсивности и во времени с образованием опережающих основной фронт детонации потоков ("струи").

Основная и обширная серия экспериментов выполнена с использованием так же хорошо известного и отработанного в РХТУ (МХТИ) им Д.И. Менделеева (В.Г.Хотин) электромагнитного метода. Все эксперименты проводились с выполнением нескольких, как правило - трех, параллельных опытов и контрольных испытаний известных ВВ - аммонита №6ЖВ и флегматизированного гексогена А-IX-I. Это определяет достоверность полученных результатов.

Основной результат экспериментов, большая часть из которых выполнена впервые, позволил установить, что превращение в ПВГС при взрыве протекает по сложному механизму, характерному для гетерогенных систем с высокой неоднородностью. Эксперименты подтверждают ранее зафиксированный при массовых взрывах на горных объектах факт менее интенсивного разрушения (переизмельчения) горной массы в ближней от заряда ВВ (ПВГС) зоне из-за меньшего давления во фронте ударной волны и более плавного спада давления во времени.

По результатам экспериментов установлены зависимости способности к взрыву и параметров взрыва ПВГС от состава геля, его доли в составе смеси, размера пороховых зерен, а также их расположения относительно друг друга. На основе этих результатов выработаны рекомендации изготовителям ПВГС по обеспечению наиболее рационального состава гелей с введением горючего компонента (в частности, карбамида) и соотношения количеств геля с порохом, количество которого должно обеспечивать образование непосредственного контакта между зёрнами.

Исполнение и оформление диссертации и автореферата. Диссертация написана в простом понятном для читателей стиле с

использованием технических терминов по химической технологии, взрывным процессам и горным работам. Следует отметить оформление отдельных структурных элементов: все составляющие документа - текст, таблицы, рисунки выполнены в виде самостоятельных завершенных объектов, которые могут быть прочтены независимо друг от друга. Рисунки полученных зависимостей оформлены рационально с выделением графиков линиями различной структуры (сплошная, пунктир и др.), что обеспечивает их различие при черно-белой печати.

Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию самой работы и оформлен в соответствии с требованиями стандартов.

В качестве **замечаний** по работе можно отметить:

1. Сравнительно малое, отрывочное описание одной из основных опасностей при переработке ПП - высокой склонности к электризации и чувствительности к разрядам статического электричества;

2. В работе практически отсутствует анализ параметров ПП с измененной структурой "зерен", влияние которой зафиксировано в экспериментах;

3. Кажущуюся незавершенность цикла экспериментов по визуализации следа от взрыва заряда при заданном положении пороховых зерен с другой ориентацией относительно свидетеля, в частности - параллельно и/или "наклонно" под известным углом;

4. Исследование следообразования от взрыва заряда проведено с ПВГС на основе крупной марки ПП, при этом автор не указывает имеет ли место подобное явление при использовании ПП с меньшими размерами зерен.

5. Автором в главе 3 текста диссертации используется четырехуровневая нумерация разделов, что создает некоторое нагромождение и несколько затрудняет ориентирование по тексту.

6. В заключении автором дается рекомендация не повышать кислородный баланс водного геля выше +10% без каких-либо пояснений.

Эти замечания имеют рекомендательный характер и на значимость работы в целом влияния не оказывают.

Представленная к защите диссертация является законченной научно-квалификационной работой, посвященной решению актуальной для РФ научной задачи обоснования рациональных составов и технологии изготовления, а также применения в промышленности смесевых ВВ на основе высокоэнергетических материалов, высвобождаемых при расснаряжении боеприпасов и утилизации их элементов

Рассмотренная работа на тему **«Научные аспекты разработки водно-гелевых составов на основе утилизируемых пироксилиновых порохов для обеспечения необходимых параметров детонации»** по объему, актуальности, научной новизне и практической значимости удовлетворяет требованиям к кандидатским диссертациям согласно

положению «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), а ее автор - **МИХЕЕВ Денис Иголевич** заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.07 - Химия и технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Работа полностью соответствует паспорту специальности 05.17.07 - Химия и технология топлива и высокоэнергетических веществ (п. 11 - Научные основы и закономерности физико-химической технологии и синтеза специальных продуктов. Новые технологии производства специальных продуктов).

Официальный оппонент
кандидат технических наук (05.17.10 Химическая технология специальных продуктов), технический директор Группы компаний "Нитро Технологии"

СТАРШИНОВ Александр Васильевич _____

660025, Российская федерация, Красноярский край, г. Красноярск, ул.
Семафорная, д. 289, пом. 70
Группа компаний "Нитро Технологии"
Телефон +7 (917) 565-40-71,
E-mail: savmon@inbox.ru

Подпись Старшинова А.В заверяю:
Генеральный директор ООО "НТ ЭКСПЛОРЕР".
E-mail: info@nitro-tech.ru
Костылев Сергей Святославович _____

