



«УТВЕРЖДАЮ»

Вице-президент АНО «НОИВ»

Н.Л. Вяткин

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Автономной Некоммерческой Организации «Национальная организация инженеров-взрывников» на диссертационную работу Михеева Дениса Иголевича «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»

1. Актуальность темы диссертационной работы

Промышленная утилизация устаревших боеприпасов предусматривается Федеральной Целевой Программой «Промышленная утилизация вооружения и военной техники на 2011-2015 гг. и на период до 2020 года». При ее реализации неоднократно подчеркивалась необходимость вовлечения энергоемких компонентов во вторичный оборот путем переработки в продукты небоевого и гражданского назначения. Наиболее логичным и эффективным путем является изготовление на основе извлекаемых из боеприпасов или списанных по истечению гарантийных сроков хранения высокоэнергетических материалов в промышленные взрывчатые вещества (ПВВ), отличающиеся гораздо более высокими требованиями к безопасности. Обеспечение подобных требований достигается за счет использования различных дополнительных компонентов, снижающих чувствительность к внешним воздействиям и экологическую нагрузку, но при этом позволяющих сохранить конкурентоспособность в сравнении с существующими промышленными взрывчатыми составами по эксплуатационной и экономической эффективности. С момента отказа Министерством Обороны от уничтожения боеприпасов методом подрыва актуальность переработки подлежащих утилизации высокоэнергетических материалов значительно возросла. В представленной диссертационной работе описаны результаты исследований пороховых водно-гелевых составов

(ПВГС) - промышленных взрывчатых веществ на основе водных гелей и подлежащих утилизации пироксилиновых порохов (ПП). Автором изучено влияние компонентов ПВГС на детонационную способность и параметры детонации. На основании проведенных исследований предложен механизм течения детонационного процесса и сформулированы рекомендации по научно-обоснованному подходу к разработке рецептур ПВГС для обеспечения необходимых параметров детонации.

2. Достоверность и новизна результатов исследований

Достоверность результатов подтверждается использованием преимущественно общеизвестных и отработанных в организации выполнения работы методик исследований, достаточным объемом экспериментов и регулярным проведением контрольных измерений.

Автором впервые получены следующие результаты, представляющие научную новизну:

- определен ряд параметров детонации ПВГС на основе утилизируемых зерненных пироксилиновых порохов различных марок с применением водных гелей различной энергоемкости;
- получены профили массовой скорости ПВГС с помощью электромагнитного метода определения параметров детонационных и ударных волн, в ходе последующего анализа которых выявлены особенности протекания детонационного процесса в ПВГС;
- определены критические диаметры детонации и минимальное содержание пироксилинового пороха, обеспечивающее устойчивую детонацию ПВГС с учетом химического состава водного геля;
- предложен экспериментально обоснованный механизм протекания детонационного процесса в ПВГС, учитывающий проявление потоков продуктов взрыва, опережающих фронт детонации через каналы пороховых элементов, и, вероятно, способствующих распространению детонации;
- сформулированы аспекты научно-обоснованного подхода при разработке рецептур ПВГС на основе утилизируемых пироксилиновых порохов для обеспечения необходимых параметров детонации.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Совокупность представленных в работе литературного обзора, оценочного расчета и результатов экспериментальных исследований позволяет в достаточной мере оценить обоснованности научных положений, заключений и рекомендаций.

Согласно первому заключению, автором «сформулированы научно-обоснованные подходы создания и модифицирования рецептур ПВГС с учетом особенностей течения детонационного процесса и влияния компонентов ПВГС на параметры детонации». В разделе 3.4.5. диссертации приводятся ключевые тезисы, в достаточной мере обосновывающие создание рецептур ПВГС с учетом научных знаний, полученных в ходе выполнения работы.

Во втором заключении автор утверждает об определении им влияния химической активности водных гелей на критические диаметры детонации ПВГС на основе зерненных ПП с истекшими гарантийными сроками хранения и установлении уменьшения критического диаметра детонации ПВГС при повышении энергоемкости используемых водных гелей. Простота методики измерения критического диаметра, достаточный объем экспериментов и закономерность полученных результатов подтверждают данное заключение.

В третьем заключении автор заявляет о получении зависимости снижения детонационной способности ПВГС от содержания водного геля и установлении роста пределов сохранения детонационной способности при увеличении энергоемкости используемого водного геля, что в полной мере подтверждается представленными результатами исследований, а также логически согласуется с предыдущим заключением.

Четвертое заключение утверждает о выявлении выраженного влияния химического состава водного геля на параметры детонации ПВГС. Представленные результаты подтверждают, что использование инертного водного геля приводит к повышению средних значений параметров массовой скорости и давления до 9 % относительно значений ПВГС на основе

окислительного водного геля при идентичных средних значениях скоростей детонации. При этом водные гели, содержащие окислительные и топливные компоненты, обеспечивают детонацию ПВГС с повышением всех измеренных параметров детонации на 10-20 % относительно других водных гелей. Аномальность характеристик инертного водного геля в сравнении с окислительным автор обосновывает предполагаемым повышением местной плотности водного геля, а также особенностями механизма течения детонационного процесса в ПВГС. Подобное объяснение в целом согласуется с представленными результатами.

Пятое заключение констатирует влияние размеров и внутренней структуры пороховых элементов ПП на детонационный процесс в ПВГС. Все исследованные автором в работе марки ПП с истекшими ГСХ при детонации ПВГС продемонстрировали достижение массовой скорости не менее 1200 м/с вне зависимости от состава водного геля, подтверждая предположения автора об обособленном протекании детонации в ПП, как макрокомпоненте ПВГС. Увеличение размеров пороховых элементов способствует ускорению распространения по ним детонационного процесса. Дополнительным подтверждением обоснованности данного заключения является упоминаемые автором выраженные отклонения в ряде экспериментов, связываемые с неудовлетворительным состоянием использованного ПП марки 9/7, в виду несоблюдения условий хранения.

В шестом заключении автор утверждает об обнаружении влияния внутренних каналов пороховых элементов на течение детонационного процесса и параметры детонации. Представленные результаты сравнительных экспериментов явно демонстрируют, что в случае полых внутренних каналов вероятно развитие ускорения детонации ПП за счет образующихся потоков продуктов детонации, опережающих детонационную волну и способных инициировать детонацию в предлежащем веществе.

В седьмом заключении автор обобщает полученные результаты исследований, предлагая механизм течения детонационного процесса в ПВГС, заключающийся в обособленном развитии детонационных процессов в

пороховых элементах ПП и водном геле. В частности, на основе пятого и шестого заключения, предполагается развитие детонации в ПП, протекающей с ускорением внутрь порохового элемента благодаря пористой микроструктуре и незаполненным каналам, а развитие детонации в водном геле реализуется только в случае наличия в его составе достаточного количества окислительного и топливного компонентов, что обосновывается вторым, третьим и четвертым заключениями.

4. Научная и практическая ценность результатов работы.

С научной точки зрения полученные результаты работы представляют новые научные знания в части значений параметров детонации ПВГС, а также позволили сформировать представления о сложном комбинированном механизме течения детонационного процесса в ПВГС, с учетом которых стал возможен научно-обоснованный подход к разработке и модифицированию рецептур ПВГС и компоновки изделий на их основе.

С практической точки зрения показана целесообразность использования водных гелей, содержащих окислитель и горючее, в качестве наполнителей ПВГС. Показан потенциал управления параметрами детонации в зависимости от целей использования с помощью изменения химического состава водного геля и его содержания в ПВГС. Установлена выраженная зависимость детонационных характеристик ПВГС от состояния используемых ПП, что указывает на необходимость разработки критериев оценки применимости ПП, в зависимости от сохраняемости структуры и химического состава. Значения параметров детонации исследованных составов могут использоваться в качестве отправных точек при разработке рецептур ПВГС на основе нитратных водных гелей.

Результаты диссертационного исследования могут представлять интерес для промышленных предприятий, осуществляющих промышленную утилизацию боеприпасов, производство водно-гелевых промышленных взрывчатых веществ, научных организаций, проводящих исследования в области взрывчатых веществ, организаций, осуществляющих буровзрывные работы.

5. Общая характеристика диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, 3-х глав, заключения, списка литературы, включающего 100 источников, и 3-х приложений, включая акт внедрения результатов. Работа изложена на 157 страниц машинописного текста, в котором представлено 45 рисунков и 35 таблиц.

В **первой главе** представлен анализ проблемы утилизации энергоемких компонентов боеприпасов, с последующей конкретизацией на пироксилиновых порохах и водно-гелевых составах. Относительно основных компонентов проведен широкий анализ научных исследований и практического опыта использования ПП и водно-гелевых взрывчатых составов в качестве ПВВ. Глава завершается обоснованием цели и задач исследования.

Во **второй главе** работы приведены результаты оценочных расчетов параметров детонации пороховых водно-гелевых составов, необходимых при подготовке к экспериментальным исследованиям взрывчатых веществ. При этом автор подчеркивает оценочную применимость данных расчетов, ввиду ограничений используемого программного комплекса, предназначенного для расчета гомогенных систем.

В **третьей главе**, составляющей основную часть работы, представлены объекты, методики и результаты экспериментальных исследований. Автором описываются исходные материалы, процесс изготовления наполнителей ПВГС с пояснениями относительно выбранного химического состава для каждого из исследованных водных гелей, даются пояснения по процессу структурирования ПВГС. В методической части проводимых исследований описаны методики проведения экспериментальных исследований детонационной способности и параметров детонации объектов исследования с учетом их структурных особенностей.

Представляя результаты и их обсуждение, автором поочередно приводятся результаты исследования критических условий детонационного процесса и параметров детонации ПВГС в зависимости от химического

состава водного геля и влияние размеров пороховых элементов на параметры детонации ПВГС.

По итогам изучения влияния состава водного геля на критический диаметр детонации методом цилиндрических зарядов наблюдается выраженное снижение критических условий детонации при использовании водного геля, содержащего окислительный и топливный компоненты. При этом повышенная реакционная способность этого водного геля, несмотря на более низкую расчетную теплоту превращения в сравнении с окислительным водным гелем, указывает на некоторые особенности режима энерговыделения в детонационном процессе, характерные для гетерогенных систем.

Результаты исследования влияния содержания водного геля на детонационную способность ПВГС также демонстрируют наиболее длительное сохранение детонационной способности при повышении содержания водного геля, содержащего окислительный и топливный компоненты, что по мнению автора указывает на течение детонационного процесса в водном геле отдельно от детонационного процесса в ПП, по крайней мере на начальном этапе.

Результаты исследования слеодообразования ПВГС показали, что пространство в каналах пороховых элементов, служащих для увеличения площади горения при использовании ПП в качестве метательных ВВ, в виду структурных особенностей водных гелей естественным образом практически не заполняется, что позволяет продуктам детонации формировать струи, распространяющиеся по этим каналам с опережением детонационной волны. Обладая достаточной энергией для вовлечения в детонационный процесс последующих слоев вещества, струи продуктов детонации несколько ускоряют распространение процесса, однако, в виду ограниченности размеров пороховых элементов, данное явление имеет скачкообразный, пульсирующий характер.

Результаты исследования влияние химического состава водного геля на параметры детонации ПВГС показали повышение всех измеренных параметров детонации на 10-20 % при использовании водных гелей,

содержащих окислительные и топливные компоненты, относительно инертного и окислительного водных гелей.

Совокупность полученных автором экспериментальных данных и проведенный анализ сведений о детонационных процессах подобных систем и эффектах их применения позволили автору предложить механизм течения детонационного процесса в ПВГС, заключающийся в обособленном развитии детонационных процессов в пороховых элементах ПП и водном геле. При этом предполагается развитие детонации в ПП с ускорением внутрь порохового элемента благодаря пористой микроструктуре и незаполненным каналам, а развитие детонации в водном геле реализуется только в случае наличия достаточного количества окислительного и топливного компонентов.

На основе результатов и предполагаемого механизма протекания детонационного процесса автором сформулированы научно-обоснованные подходы создания и модифицирования рецептур ПВГС с учетом особенностей течения детонационного процесса и влияния компонентов ПВГС на параметры детонации, позволяющие обеспечить необходимые параметры детонации, а также представлены варианты их конкретной практической реализации.

В заключении диссертационной работы автор подводит итоги проведенных исследований, дает рекомендации и описывает перспективы дальнейшей разработки темы.

По материалам диссертации опубликовано в соавторстве с другими исследователями 12 печатных работ, в том числе 2 индексируемые в международной научной базе Scopus, 10 - в изданиях, индексируемых РИНЦ, 7 из которых входят в перечень рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК. Работа прошла необходимую апробацию, результаты были представлены на 7 всероссийских и международных конференциях. Получен акт о внедрении результатов. Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию самой работы, оформлен в соответствии с требованиями действующих стандартов к подобным работам.

При прочтении диссертации возникает ряд **замечаний** и вопросов:

1. Автором практически не затрагивается тема экологической безопасности исследуемых составов, хотя в специализированной литературе подобные взрывчатые составы относят к высокоэкологичным промышленным взрывчатым веществам.

2. Автор предлагает оценивать эффективность практического применения ПВГС по профилям давления взрыва $P(t)$, однако данные характеристики предпочтительнее оценивать по значениям импульса детонационной волны.

3. При исследованиях ПВГС на основе ПП марки 9/7 были зафиксированы отказы, которые обосновываются автором неудовлетворительным состоянием пороховых элементов в следствие нарушения условий хранения. Из работы неясно, проводилась ли какая-либо предварительная оценка состояния использованных в работе ПП.

4. В рекомендациях и перспективах дальнейшей разработки темы автором дается рекомендация не повышать кислородный баланс водного геля свыше 10%, однако из предваряющего эту рекомендацию описания не ясны причины указанных ограничений.

Указанные замечания не уменьшают положительного впечатления от работы и носят рекомендательный характер.

Диссертационная работа на тему **«Научные аспекты разработки водно-гелевых составов на основе утилизируемых пироксилиновых порохов для обеспечения необходимых параметров детонации»** по актуальности, достоверности, обоснованности результатов исследования, научной новизне и практической значимости удовлетворяет требованиями к кандидатским диссертациям согласно действующей редакции положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, 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).

Диссертация и отзыв на диссертацию обсуждены на заседании научно-технического совета АНО «НОИВ» протокол № 201127-01 от 27.11.2020г.

Винце-президент АНО «НОИВ»
кандидат технических наук (05.15.11 Физические процессы горного производства)

Вяткин Николай Леонтьевич

119049, Россия, г. Москва, ОПС № 49, а/я № 627

Автономная некоммерческая организация «Национальная организация инженеров-взрывников» (АНО «НОИВ»)

Телефон +7(499) 236-20-09

E-mail: info@noi-v.ru

Подпись Вяткина Н.Л. заверяю:

Исполнительный директор АНО «НОИВ»

Болотова Юлия Николаевна

