

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу
Дмитриева Никиты Викторовича
на тему «Влияние дисперсных добавок на чувствительность
высокоэнергетических веществ к удару»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.12 - «Химическая технология топлива и
высокоэнергетических веществ» (технические науки)

Достоверность и новизна исследований, сформулированных выводов и рекомендаций.

Основные результаты были получены по методу критических давлений, разработанному в институте химической физики РАН, с целью уйти от органолептического способа оценки взрыва и перейти к более точному определению процессов, происходящих во время экспериментов на чувствительность к удару. Однако, не смотря на обширное применение и общую известность, метод критических давлений не признается на государственном уровне.

Результаты, представленные в диссертации, сделаны на основании полученных экспериментальных данных на вертикальном копре К-44-2, являющимся основным в стандарте ГОСТ 4545-88, являющемся основополагающим стандартом в России. Представленная сходимость критического давления инициирования и нижнего предела чувствительности к удару позволяет говорить о том, что результаты являются достоверными с учетом погрешности эксперимента на копре.

Влияние дисперсных добавок объясняется с учетом их морфологических и физико-тепловых характеристик, взятых на основе данных из справочной литературы и технических условий марок добавок. Полученные результаты не противоречат установленным закономерностям.

Значимость работы соискателя для науки и практики

Данные о чувствительности к удару имеют большое практическое значение для определения, каким образом возможно транспортировать высокоэнергетические вещества (если в принципе возможно их транспортировать в данной выпускной форме), производить зарядание в скважинах. Понимание этих требований позволит снизить количество аварий непосредственно на местах применения.

Как известно, в рецептуре конверсионных ВВ широкое применение находит гексоген. Это относится к номенклатуре мощных водоустойчивых ВВ - альгетолов ТУ 7511819-89-94, гекфола ТУ 7276-001-075.107.09-95, гексотала ТУ 84-7511201-002-95, а также в смесях с АС – алюмогекситов ТУ 7276-011-17131060-99. Компонентом данных конверсионных ВВ выступает флегматизированный гексоген в виде составов (А-IX-1, А-IX-2, А-IX-20) или в плаве с тротилом (составы ТГ, МС, ТГА-16, ТГАГ-5, ТГАФ-5М и др.) со значительным количеством алюминия (11-27%). Исследования в диссертационной работе октогена, близкого аналога гексогена, позволяют при ведении взрывных работ на горных предприятиях в лучшей степени оценивать методы и способы ведения взрывных работ, безопасность применения указанных выше конверсионных ВВ.

Технической документацией на алюминизированные гранулиты (АЗ, А6) предусматривается использование вторичного алюминия (порошок АПВ и другие виды). Диссертационные исследования вооружают исследователей и практиков данными по чувствительности к механическим воздействиям смесей пористой аммиачной селитры с порошками вторичного алюминия, что обеспечивает правильный выбор материалов (вида гранулированной аммиачной селитры) при ведении взрывных работ, а также способствует правильному выбору технологических параметров взрывных работ. Последнее условие связано с оценкой работоспособности алюмосодержащих ВВ, которая позволяет сделать вывод, что с увеличением величины взрываемого заряда (т.е. увеличением характерного времени процесса расширения продуктов детонации), происходит снижение термодинамических потерь (т.к. характерное время теплообмена твердых частиц с газом постоянно и не зависит от величины заряда). Что позволяет использовать алюминизированные гранулиты для зарядов диаметром 300 мм и более.

Рецептура современных простейших взрывчатых веществ (например, гранулита ИСУ по ТУ 7276-019-04683349-2018) содержат в качестве горючих компонентов углеродные добавки кокс, угольный порошок и др. В диссертации показано, что при добавлении горючих добавок не происходит повышения чувствительности к удару смесей октогена и окфола-3,5 с оксидом меди, что открывает путь к поиску новых, более экономичных горючих добавок для простейших взрывчатых веществ.

Помимо этого, для получения разрешения на использование и введения технических условий на взрывчатые вещества необходимо владеть информацией о чувствительности к механическим воздействиям в общем, и чувствительности к удару, в частности. По результатам исследований, представленных в диссертации, был получен акт о внедрении, в котором говорится о том, что данные о чувствительности к удару смесей аммиачной селитры со вторичным алюминием использовались при разработке новой

рецептуры промышленного взрывчатого вещества – гранулит Х ТУ 20.51.11.-010-4533/4661-2024.

Научная новизна состоит в установлении закономерностей влияния дисперсных добавок на высокоэнергетические вещества, что позволяет выдвигать обоснованные предположения о возможном механизме сенсibilизации веществ при помощи твердых дисперсных добавок.

Общая характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, литературного обзора, методической части, экспериментальной части, обсуждения результатов, выводов и списка литературы. Работа изложена на 240 страницах, 143 из которых - основной текст, остальное - приложения, в общем объёме содержит 133 рисунка и 125 таблиц. Список литературы включает 216 источников.

Основные положения диссертационной работы отражены в опубликованных работах. Непосредственно по теме диссертационной работы опубликовано 12 работ, в том числе 2 публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных, и 6 публикаций в рецензируемых изданиях ВАК.

Текст диссертации поделен на 6 глав. Первая глава представляет собой введение, в котором задается актуальность работы не только с научной точки зрения, но и с практической, обусловленной необходимостью соблюдения отечественных требований по безопасности энергонасыщенных веществ (Технический регламент Таможенного союза) и международных рекомендаций, представленных в рекомендациях совета экспертов ООН. В конце главы формулируются цель и задачи исследования.

Вторая глава представляет собой литературный обзор, начинающийся с ретроспективы об исследовании чувствительности к удару, в том числе прослеживается становление ныне существующих теорий. Теоретические зависимости, предлагаемые на заре изучения чувствительности, оказались экспериментально неподтверждаемыми, что указывает на их несостоятельность. Показано большое влияние отечественных ученых, внесших существенный вклад в теорию чувствительности к удару, в том числе и выявление опорного ряда чувствительности к удару, являющимся неким критерием справедливости экспериментальных методов. Помимо исторической справки подробно показаны и современные методы, в том числе и теоретические, связанные с вычислениями и моделированием при помощи мощных компьютеров. Представлены свойства выбранных к исследованию веществ – окфола-3,5 и аммиачной селитры и возможности применения добавок относительно данных веществ.

В третьей главе описана методическая часть работы. Основным методом работы является метод критических давлений, отличительной чертой которого

является независимость от внешних параметров эксперимента: массы сбрасываемого груза и высоты сбрасывания. Влияние на критические параметры оказывают только характеристики испытываемых веществ и смесей. Суть метода заключается в том, что определяется такая максимальная толщина, при которой возможен взрыв. При превышении критической толщины взрывы не могут произойти. Указанной толщине соответствует определенное критическое давление, необходимое для разрушения заряда вещества. Использование данного метода позволит в дальнейшем более объективно судить о процессах, абстрагировавшись от только органолептического способа определения взрыва, однако существенно усложняет приборную базу: для проведения испытаний по ГОСТ 4545-88 необходим только копер, в то время как для метода критических давлений необходим осциллограф, персональный компьютер и специальный датчик для фиксации давления.

Помимо метода критических давлений использовался ГОСТ 4545-88, являющийся по сути единственным государственным стандартом для определения чувствительности к удару. Эксперименты проводились на вертикальном копере К-44-2 с применением металлических муфт с затрудненным истечением вещества (прибор № 1) и со свободным истечением вещества (прибор № 2).

В методической части подробно описана подготовка к эксперименту, проверка оборудования, изготовление необходимых датчиков, сообщается, каким образом происходит обсчет полученных данных.

Четвертая глава посвящена проверке и подтверждению справедливости использования методов и веществ.

Как уже было сказано, метод критических давлений не является признанным на государственном уровне по сравнению с методами ГОСТ 4545-88, поэтому возникают вопросы о целесообразности использования метода как основного в работе. Для того, чтобы избавиться от существующих сомнений, произведено сравнение значений критических давлений и нижнего предела чувствительности, пересчитанного в единицы давления, для индивидуальных веществ из опорного ряда чувствительности, полученных как экспериментальным путем, так и из открытых литературных источников. Полученная сходимость с учетом экспериментальной погрешности говорит о справедливости использования метода критических давлений в качестве параметра определения чувствительности, согласовывающегося с установленным государственным стандартом методом.

Также сомнительно использование окфола-3,5 в качестве основного высокоэнергетического вещества. На практике для обеспечения большей скорости детонации используют обычный октоген, флегматизированным вариантом которого является окфол-3,5, что и вызывает вопросы об актуальности подобных исследований. Для этого проводились сравнительные

эксперименты между октогеном и окфолом-3,5 и смесями на их основе с оксидом меди (II). При сравнении критических давлений инициирования индивидуальных веществ заметно различие, в то же время при рассмотрении смесей разница отсутствует в принципе, что говорит о том, что флегматизирующая добавка в смесях с дисперсной сенсibiliзирующей добавкой не дает ощутимого вклада.

В пятой главе рассмотрены промышленные взрывчатые составы на основе аммиачной селитры с добавлением порошков алюминия. Индивидуально аммиачная селитра не относится в нашей стране к высокоэнергетическим веществам, но при использовании в смесях энергия взрыва и простота инициирования существенно возрастают, поэтому рассматривать безопасность таких составов необходимо при любой новой возникшей рецептуре. Помимо этого, производимая аммиачная селитра неоднородна по своей структуре, кроме распространенной гранулированной аммиачной селитры активно используют и пористую, в которой изменена структура частицы. В диссертации показана неоднородность получаемых результатов с разной селитрой: пористый нитрат аммония более чувствителен к удару по сравнению с гранулированным.

Для получения экономической выгоды набирает обороты использование вторичного алюминия, представляющего из себя порошок, полученный при переработке бытовых отходов, содержащих алюминий. В диссертации представлены 3 марки порошков, отличающиеся размером частиц в диапазоне от 80 до 450 мкм. При добавлении порошков с большей дисперсностью чувствительность значительно меняется: при добавлении марки с размером частиц 450 мкм частота взрывов составляет 0 %, в то время как в аналогичных смесях при использовании 80 мкм частота взрывов – 20 %.

Шестая глава посвящена возможности использования высокоэнергетических веществ в промышленности в ходе конверсии. Одним из вариантов использования веществ является их добавление в составы ракетных топлив, где одним из основных параметров является скорость горения. Исходя из проведенного в диссертации литературного обзора были выбраны рассматриваемые на сегодняшний день добавки оксидов переходных металлов к алюминизированным рецептурам. При этом вопросу безопасности при исследовании потенциального использования ранее не уделялось должного внимания. В диссертации данный пробел устранен и в том числе рассмотрены, как конкретный компонент влияет на чувствительность высокоэнергетического вещества.

Исполнение и оформление диссертации и автореферата

Диссертация написана в простом и понятном для читателя стиле с использованием технических терминов химической технологии, взрывного

дела и горных работ. Следует отметить оформление отдельных структурных элементов: все составляющие документа – текст, таблицы, рисунки выполнены в виде самостоятельных завершённых объектов, которые могут быть прочтены независимо друг от друга.

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

В качестве замечаний по работе можно отметить:

1. В тексте не приведено обоснование проведения двух серий испытаний по определению критического давления разрушения тротила (рис.15 и рис.16);
2. Из названия параграфа 4.2 «Влияние флегматизирующей добавки на чувствительность смесей окфола-3,5 с горючими добавками» следует рассмотрение влияния (воска, фторопласта, парафина или церезин-стеаринового сплава). Далее приведены данные только для октогена и окфола-3,5.
3. В названии табл. 25 «Критическое давление инициирования для простейших гранулитов с алюминием различной чувствительности» не следует использовать термин «простейшие гранулиты», т.к. смесь представляет собой АС и алюминий без жидкого горючего компонента. Также имеется несоответствие нумерации таблиц (табл.25) на ссылку в тексте.
4. При определении чувствительности к удару зарядов с порошками АГП 450, АГП 250 и АГП 80 что входило в состав исследуемых зарядов? Какая марка селитры была использована?
5. Название параграфа 6.1 «Чувствительность смесей окфола-3,5 с алюминием различной дисперсности», хотя показаны смеси октогена. Далее в 6.2 «Чувствительность смесей окфола-3,5 с оксидами переходных металлов» используется терминология и окфола-3,5 и октоген. Это затрудняет восприятие материала. Такие же вопросы по обозначению исследуемых материалов возникают к рис. 39, рис.40 и последующим рис.

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

Представленная к защите диссертация является законченной научно-квалификационной работой, посвящённой решению актуальных для РФ и мирового сообщества научных и практических задач исследования факторов, определяющих чувствительность энергонасыщенных материалов к внешним воздействиям, в первую очередь, к удару.

Рассмотренная работа на тему: «Влияние дисперсных добавок на чувствительность высокоэнергетических веществ к удару» по актуальности, объёму исследований, научной новизне и практической значимости удовлетворяет требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД», а её автор, Дмитриев Никита Викторович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ. Работа полностью соответствует паспорту специальности.

Официальный оппонент:

доктор технических наук по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»,
ведущий научный сотрудник отдела № 5 «Отдел проблем геомеханики и разрушения горных пород» ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова» Российской академии наук

Франтов Александр Евгеньевич

12.05.2025

Адрес: 111020, г. Москва, Крюковский туп., д.4.

Телефон (моб.): +7 800 555 5555

Адрес электронной почты: ya@...ru

Подпись Александр Евгеньевича Франтова подтверждаю
Заведующий отдела кадров ИПКОН РАН

Уварова Т.В.
ИПКОН РАН