

УТВЕРЖДАЮ



Заместитель генерального
директора по науке
АО «ГосНИИ «Кристалл», д.т.н.

Ю.Г. Печенев

« 13 » 05 2025 г.

ОТЗЫВ

ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ 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)

Актуальность исследования

Чувствительность к внешним воздействиям – основная характеристика, определяющая безопасность высокоэнергетических веществ, которую необходимо обеспечить при производстве, хранении, эксплуатации веществ. Без знания о чувствительности возможно возникновение крупных аварий, что подтверждается исторически, особенно с аммиачной селитрой, которую до второй половины прошлого века не рассматривали в качестве энергонасыщенного вещества, что приводило к непоправимым последствиям.

Механические воздействия, а в частности удар, являются наиболее распространенными внешними воздействиями для взрывчатых веществ. Согласно статистике порядка 50 % всех аварий в следствие внешнего механического воздействия.

Работа Дмитриева Н.В. посвящена исследованию влияния дисперсных добавок на чувствительность к удару высокоэнергетических веществ. Включение таких добавок обусловлено возможностью позитивного влияния на характеристики энергонасыщенных материалов с учетом вызванных конкретными задачами потребностей. При этом необходимо обращать внимание на полный комплекс характеристик, в том числе и на то, каким образом изменяется чувствительность.

Для обеспечения безопасности нормативно разработаны необходимые требования для высокоэнергетических веществ. На международном уровне устанавливаются критерии рекомендациями экспертов ООН и европейским соглашением о перевозке опасных грузов (ДОПОГ), а на территории России – Техническим регламентом Таможенного союза 028/2012, в которых устанавливаются минимально допустимые требования к показателям

безопасности. В случае несоответствия веществ нормативным значениям вещества не допускаются к перевозке в исходном виде.

С учётом изложенного направления диссертационного исследования несомненно стоит признать актуальными.

Достоверность исследований, сформулированных выводов и рекомендаций

Экспериментальные данные в диссертации Дмитриева Н.В. получены по методам, установленным в ГОСТ 4545-88: определение частоты взрывов и нижнего предела чувствительности, а также по отечественному методу критических давлений, разработанном в ИХФ РАН. Отличительной чертой данного метода является уточнение способов определения наличия или отсутствия взрыва: помимо установленных стандартов первичных признаков взрыва (наличие вспышки, хлопок, наличие ожогов на роликах) рассматривается процесс взрыва при помощи дополнительного оборудования (осциллограф).

Полученные в диссертации результаты основаны на экспериментальных данных, полученных с помощью вертикального копра К-44-2, являющегося основным прибором в стандарте ГОСТ 4545-88. Данный стандарт является фундаментальным для оценки чувствительности к удару в России. Совпадение значений критического давления инициирования и нижнего предела чувствительности к удару свидетельствует о достоверности полученных результатов с учетом погрешности эксперимента.

Научная новизна и практическая значимость

Научная новизна состоит в экспериментальном подтверждении снижения влияния флегматизирующей составляющей окфола-3,5 на чувствительность к удару смесей на его основе с горючими добавками. Установлено, что нанодисперсные порошки алюминия оказывают качественно схожее сенсibiliзирующее воздействие, как в смесях «окислитель – горючая добавка», так и в смесях без окислителя. Впервые определены показатели чувствительности к удару ряда составов промышленных ВВ с добавлением вторично произведенного алюминия марки АГП.

С точки зрения практической значимости основным достоинством диссертации Дмитриева Н.В. является использование данных о чувствительности к удару составов с использованием аммиачной селитры с алюминием для получения разрешения к использованию гранулита Х ТУ 20.51.11.-010-4533/4661-2024, о чем говорит представленный акт внедрения.

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 объеме 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.

Диссертация состоит из шести глав. В первой главе содержится введение, в котором обосновывается актуальность данной работы как с научной, так и с практической точки зрения. Это обусловлено необходимостью соблюдения отечественных норм по безопасности энергонасыщенных веществ, установленных Техническим регламентом Таможенного союза, а также международными рекомендациями, представленными экспертным советом ООН. В заключение главы формулируются цель и задачи исследования.

Вторая глава – литературный обзор, в котором приводятся как самые первые попытки осмысления закономерностей чувствительности к удару, так и современное видение данной проблемы. Первоначальные теории, описывающие данный параметр оказались под большим вопросом при дальнейшем накоплении экспериментальных данных, что заставило отойти от них. Отмечены основные школы, занимающиеся развитием чувствительности к механическим воздействиям: советская и немецкая. Современные способы определения чувствительности можно разделить на две группы: опирающиеся на физические характеристики веществ и материалов и теории, затрагивающие серьезные квантохимические расчеты.

В третьей главе представлена методическая часть исследования. Основным методом является метод критических давлений, который отличается независимостью от внешних параметров эксперимента, таких как масса сбрасываемого груза и высота сбрасывания. На критические параметры влияют только характеристики исследуемых веществ и смесей. Суть метода заключается в определении максимальной толщины, при которой возможен взрыв. Если толщина превышает критическую, взрывы не происходят. Каждой критической толщине соответствует определенное критическое давление, необходимое для разрушения заряда вещества. Применение данного метода позволит более объективно оценивать процессы, отойдя от исключительно органолептических способов определения взрыва. Однако это значительно усложняет приборную базу: для испытаний по ГОСТ 4545-88 требуется лишь копер, тогда как для метода критических давлений необходимы осциллограф, персональный компьютер и специальное оборудование.

Помимо метода критических давлений использовался ГОСТ 4545-88, являющийся по сути единственным государственным стандартом для определения чувствительности к удару. Эксперименты проводились на вертикальном копре 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 обоснованности применения методов и веществ. Как уже упоминалось, метод критических давлений не имеет официального признания на государственном уровне, в отличие от методов, описанных в ГОСТ 4545-88. Это вызывает вопросы о целесообразности его использования в качестве основного метода в работе. Чтобы устранить существующие сомнения, было проведено сравнение значений критических давлений и нижнего предела чувствительности, пересчитанного в единицы давления, для отдельных веществ из опорного ряда чувствительности. Эти данные были получены как экспериментальным путем, так и из открытых литературных источников. Достигнутая сходимости с учетом экспериментальной погрешности подтверждает обоснованность применения метода критических давлений в качестве параметра для определения чувствительности, который согласуется с установленным государственным стандартом.

Использование окфола-3,5 в качестве основного высокоэнергетического вещества вызывает сомнения. На практике для достижения большей скорости детонации чаще применяют обычный октоген, флегматизированный вариант которого — окфол-3,5. В рамках работы были проведены сравнительные эксперименты между октогеном и окфолом-3,5, а также смесями на их основе с оксидом меди (II). При анализе критических давлений инициирования отдельных веществ наблюдаются значительные различия. Однако при рассмотрении смесей разница уменьшается, что свидетельствует о том, что влияние флегматизатора на чувствительность к удару в смесях с дисперсной сенсibiliзирующей добавкой снижается.

В пятой главе обсуждаются промышленные взрывчатые составы, основанные на аммиачной селитре с добавлением алюминиевых порошков. Хотя аммиачная селитра сама по себе не считается высокоэнергетическим веществом в нашей стране, в смесях она значительно увеличивает энергию взрыва и упрощает инициирование. Поэтому безопасность таких составов следует тщательно оценивать при разработке новых рецептур. Кроме того, аммиачная селитра, производимая в стране, имеет неоднородную структуру. В дополнение к распространенной гранулированной форме, активно используется и пористая селитра, в которой изменена структура частиц. В диссертации также подчеркивается, что результаты экспериментов варьируются в зависимости от типа селитры: пористый нитрат аммония более чувствителен к удару, чем гранулированный.

Использование вторичного алюминия, который представляет собой порошок, полученный из переработанных бытовых отходов, содержащих алюминий, набирает популярность благодаря своей экономической выгоде. В диссертации представлены три марки порошков, различающиеся по размеру частиц в диапазоне от 80 до 450 мкм. При добавлении порошков с большей дисперсностью наблюдаются значительные изменения в чувствительности:

при использовании порошка с размером частиц 450 мкм частота взрывов составляет 0%, в то время как в аналогичных смесях с порошком размером 80 мкм частота взрывов достигает 20%.

Шестая глава посвящена возможностям применения высокоэнергетических веществ в промышленности в процессе конверсии. Одним из способов их использования является добавление в составы ракетного топлива, где ключевым параметром выступает скорость горения. На основе литературного обзора, проведенного в диссертации, были выбраны добавки оксидов переходных металлов к алюминизированным рецептурам, которые рассматриваются в настоящее время. При этом вопрос безопасности, связанный с потенциальным использованием этих веществ, ранее не получал должного внимания. В данной диссертации этот пробел устранен, и также проанализировано, как конкретные компоненты влияют на чувствительность высокоэнергетических веществ.

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 качестве добавок к промышленным взрывчатым веществам рассмотрена только одна дисперсная добавка – алюминий. Не понятно, почему не рассмотрены какие-либо еще использующиеся дисперсные добавки.

2. Не приведен состав вторичного порошка алюминия: какие примеси содержатся в составах вторичного алюминия.

3. Не приведено данных, как дисперсные добавки влияют на перхлорат аммония, используемого в качестве окислителя для составов ракетных топлив.

4. Нет объяснения, по какому критерию выбиралось связующее для твердых ракетных топлив.

Эти замечания имеют 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.

Диссертация рассмотрена на заседании научно-технического совета отдела 120 АО «ГосНИИ «Кристалл» (Протокол заседания НТСО № 2 от 13.05.2025 г). 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.

Главный конструктор по направлению ПВВ-
руководитель группы 121 отдела 120
АО «ГосНИИ «Кристалл», доктор технических
наук (05.17.07 - Химия и технология топлив и
специальных продуктов)



В.А. Соснин

Подпись заверяю,

Ученый секретарь АО «ГосНИИ «Кристалл»

А.И. Краснов

Полное название организации: Акционерное общество «Государственный
Научно-исследовательский институт «Кристалл»

Почтовый адрес: 606040, Российская Федерация, Нижегородская обл., г.
Дзержинск, ул. Зеленая, 6.

Контактный телефон: 8 (8313) 39-80-04

e-mail: kristall@niikristall.ru