

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Клюстера Ивана Александровича «Исследование процессов взрывчатого превращения конденсированных и газообразных взрывчатых систем с целью обеспечения безопасности транспортных операций и их хранения», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Актуальность темы диссертации. Диссертационная работа Клюстера Ивана Александровича посвящена исследованию детонационных процессов и критических режимов инициирования систем гексоген – наполнитель и пропанобутановых смесей. Актуальность темы диссертации обусловлена как необходимостью решения научных проблем физики взрыва, так и практической важностью разработки безопасных условий хранения и транспортировки ВВ. Например, согласно международной классификации гексоген рекомендуется перевозить в водонаполненном состоянии. Опасными являются также транспортные операции с пропан-бутаном, особенно при транспортировке порожних цистерн со следами оставшихся продуктов. Повышенный интерес к изучению процессов инициирования детонации связан с возможностью получения содержательной информации, необходимой для построения адекватных физических моделей кинетики разложения ВВ в ударных и детонационных волнах, без чего невозможен корректный расчет задач, представляющих практический интерес. Актуальность работы Клюстера И.А. не вызывает сомнений.

Научная новизна диссертации. Показано значительное снижение чувствительности водонаполненного гексогена к удару и найдено, что максимальная высота сбрасывания груза массой 10 кг на навеску исследуемого ВВ при которой не происходит взрыва, составляет 400 мм. На основании анализа полученных экспериментальных значений детонационных параметров наполненных систем установлена линейная зависимость скорости детонации от скорости звука. Предложена новая методика определения тротилового эквивалента ВВ. Впервые обнаружено аномальное энерговыделение в зоне расширения продуктов детонации при соотношении плотностей равном 0.9. Показано, что флегматизация паровоздушной смеси газом CO_2 , даже при незначительном разбавлении, снижает риск взрывного превращения.

Практическая значимость работы. Практическая значимость работы заключается в полученных экспериментальных результатах о чувствительности к механическим и ударно-волновым воздействиям конденсированных и газообразных ВВ. Эти данные необходимы для разработки практических рекомендаций по обеспечению безопасности при транспортировке опасных грузов. Значимость работы подчеркивает внедрение результатов исследований в научный процесс ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» и в ОАО «РЖД». Получен патент на способ флегматизации газообразных продуктов, оставшихся в порожних цистернах, инертным газом CO_2 .

Достоверность научных результатов и выводов диссертации. Основную часть экспериментов Клюстер И.А. провел с использованием апробированных методов исследования ударно-волновых процессов и рекомендованных методик по определению чувствительности материалов к механическим воздействиям. Хорошее соответствие с известными экспериментальными данными других авторов, обработка результатов с применением различных математических подходов доказывают достоверность полученных результатов. Автор диссертации отчетливо сформулировал цели и задачи своей работы и, судя по содержанию диссертации и автореферата, их выполнил.

Краткая характеристика диссертации. Диссертационная работа Клюстера Ивана Александровича состоит из введения, пяти глав и выводов.

Введение посвящено обоснованию актуальности исследования, сформулированы соответствующие цели и задачи работы, представлены выносимые на защиту положения.

В первой главе рассмотрены вопросы, связанные с безопасностью транспортировки, хранения и проведения погрузо-разгрузочных операций с ВВ. Подробно рассмотрены способы определения чувствительности ВВ к удару и выбран наиболее удобный, по мнению автора, метод проведения испытаний. Из методов определения детонационных и ударно-волновых характеристик конденсированных ВВ в работе рассмотрен электромагнитный, с помощью которого и проведены все ударно-волновые эксперименты. Рассмотрены также некоторые методики расчета параметров детонации в паровоздушных смесях, причем основное внимание уделено неклассическому подходу к определению скорости детонации с использованием местной скорости звука в исходном газе.

Во второй главе приведены результаты экспериментального определения чувствительности водонаполненного гексогена к удару. Показано, что из 25

испытаний, проведенных на приборе №1, не последовало ни одного взрыва, что свидетельствует о значительном снижении чувствительности. Установлен нижний предел чувствительности, согласно которому при сбрасывания груза массой 10 кг с высоты 400 мм ВВ не взрывается. Таким образом, сделан обоснованный вывод, что водонаполнение гексогена приводит к резкому снижению чувствительности к механическому воздействию.

В третьей главе приведены результаты экспериментального определения детонационных свойств смесей гексоген-наполнитель с использованием электромагнитной методики. Исследовано влияние диаметра заряда на параметры детонационных волн при различных наполнителях и определен критический диаметр, который при наполнении водой оказался равным 19 мм. В экспериментах, проведенных при диаметре зарядов 60 мм, найдены параметры детонации наполненных систем, которые, как показано авторам, соответствуют идеальным значениям. В данной главе также рассмотрена чувствительность ВВ к ударно-волновому воздействию. Методом торможения границы раздела определены значения давлений ударной волны для устойчивого инициирования наполненных систем гексогена. Величина этого давления зависит от природы наполнителя и для водонаполненного гексогена составляет 19,6 ГПа. Показано, что давления инициирования наполненных систем гексогена превышают давление инициирования монокристаллического гексогена, которое составляет 16,4 ГПа.

В четвертой главе представлены результаты расчета тротилового эквивалента водонаполненного гексогена. Показано, что максимальная работоспособность исследуемого ВВ реализуется на начальной стадии расширения продуктов взрыва, при уменьшении плотности примерно на 10%. Тротильный эквивалент при этом равен 1.82 и именно это значение автор предлагает считать в качестве критерия работоспособности ВВ. В тоже время, согласно приведенным расчетам, при максимальном расширении ПВ тротильный эквивалент уменьшается примерно до 1.1.

В пятой главе рассмотрены взрывчатые свойства паровоздушных смесей, в приложении к взрыву оставшихся в железнодорожной цистерне продуктов (метан, этан, пропан, бутан, ацетилен, бензин и ацетон). Проведен расчет тротилового эквивалента и предложен безопасный способ транспортных операций с этими газами посредством их флегматизации инертным газом CO_2 .

В заключительной части работы сформулированы основные результаты проведенных исследований, выводы и приводится список использованных источников.

Среди новых научных результатов, полученных в диссертационной работе, важными представляются следующие:

- установлен нижний предел чувствительности водонаполненного гексогена к удару;
- получен большой объем экспериментальной информации о детонационных свойствах наполненных систем гексогена, включая зависимость параметров детонации от диаметра заряда и определение порога инициирования детонации при ударно-волновом воздействии;
- обоснован выбор инертного газа, применяемого в качестве флегматизатора паровоздушных смесей.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1. При формулировке результатов исследования, выносимых на защиту сказано исключительно о теоретических методах определения скорости детонации, тротилового эквивалента ВВ и т.д., из чего следует, что работа является теоретической. В действительности, наиболее значительными и важными являются полученные автором экспериментальные данные.
2. В первой главе следовало бы привести ссылки на многочисленные работы, авторы которых используют до десятка датчиков в одном эксперименте, что позволяет получить детальную информацию об инициировании и развитии детонации при ударно-волновом воздействии.
3. В работе не приводятся данные о временном разрешении электромагнитной методики. В контексте выполненных исследований эта информация представляется необходимой, поскольку наряду с детонационными параметрами получены характерные времена реакции, точность измерения которых не указана.

Сделанные замечания относятся, скорее к стилю изложения, а не к полученным результатам и не снижают общей высокой оценки работы.

В целом диссертационная работа Клюстера И.А. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение конкретной задачи – определение чувствительности наполненного гексогена к механическим и ударно-волновым воздействиям, имеющее большое значение для химической физики горения и взрыва.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Полученные научные результаты диссертации представлены в 7 опубликованных работах, в том числе в 5 статьях, 1 докладе и 1 патенте РФ.

Диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства

РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, Клюстер Иван Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Официальный оппонент
зав. лабораторией ИПХФРАН
кандидат физ.-мат. наук
по специальности 01.04.17
e-mail: utkin@icp.ac.ru

А.В.Уткин

Подпись старшего научного сотрудника Института проблем химической физики РАН Уткина Александра Васильевича удостоверяю:

Секретарь Ученого совета ИПХФ РАН
доктор химических наук



Б.Л.Психа

Адрес организации:

142432, Московская область, Ногинский район,
город Черноголовка, проспект академика Семенова, 1,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем химической физики Российской академии наук .