

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИТ СО РАН)



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИТ СО РАН

д.ф.-м.н. академик РАН

/Маркович Д.М.

2023г.

(М.П.)

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Сатонкиной Натальи Петровны «Физическая модель электропроводности при детонации конденсированных взрывчатых веществ вида $C_aH_bN_cO_d$ », представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Представленная на соискание степени доктора физико-математических наук диссертационная работа посвящена исследованию электрических свойств конденсированных органических взрывчатых веществ при детонации. Строгое описание кинетики химических реакций при детонации конденсированных взрывчатых веществ до настоящего времени является нерешённой задачей. В большой степени это связано с объективными трудностями экспериментальных исследований этого объекта. Одним из явлений, непосредственно связанных с кинетикой протекания химических реакций, является возникновение аномально высокой электропроводности в детонационной волне. Есть несколько процессов, которые могут влиять на электропроводность продуктов детонации: ионизация промежуточных продуктов реакции, термоэмиссия электронов с продуктов детонации, наличие диссоциирующих продуктов детонации (ионная проводимость), физический контакт между частицами углерода, которые могут возникать в процессе детонации (одним из экспериментальных подтверждений наличия несвязанного углерода при детонации является наблюдение формирования «детонационных» алмазов). Сказанное выше определяет научную значимость развития экспериментальных методов исследований и получения новых данных. С другой стороны, взрывные технологии широко используются на практике, для примера можно привести взрывные размыкатели тока и синтез «детонационных» алмазов. Сказанное выше определяет **научную и практическую значимость и актуальность** диссертационной работы Сатонкиной Натальи Петровны.

Среди **наиболее значимых научных результатов** можно выделить доработку и обоснование экспериментального метода исследования электропроводности продуктов детонации с высоким временным и пространственным разрешением, который позволил получить уникальные результаты для ряда взрывчатых веществ. Полученные данные позволили провести анализ кинетики химических реакций в детонационной волне. В частности, доказано наличие корреляции области высокой электропроводности и зоны химической реакции в детонационной волне и влияние дисперсности зерна взрывчатого вещества на интенсивность химических реакций. Следует выделить анализ влияния углеродных материалов на величину пика электропроводности. Этот анализ позволил утверждать, что ключевым параметром, который определяет высокую электропроводность продуктов детонации, является контактная электропроводность, которая осуществляется по

сквозным углеродным структурам, за детонационным фронтом на определенной стадии химических реакций. Вероятно, этот результат является самым важным для автора, так как он вынесен в название диссертации.

Достоверность результатов обеспечивается использованием надежного метода диагностики, обоснованного численным моделированием. Экспериментальные результаты характеризуются хорошей воспроизводимостью и согласуются с известными представлениями. Подтверждением достоверности результатов работы является их публикация в высокорейтинговых российских и международных журналах, а также апробация результатов работы на многочисленных конференциях в России и за рубежом.

Соответствие специальности

Диссертационная работа соответствует п. 1 "физика и физические теории химических реакций и экспериментальные методы исследования динамики химических превращений", п. 5 "экспериментальные методы исследования химической динамики", и п. 7 "Закономерности и механизмы распространения, структура, параметры и устойчивость волн горения, детонации, взрывных и ударных волн; связь химической и физической природы веществ и систем с их термохимическими параметрами, характеристиками термического разложения, горения, взрывчатого превращения; термодинамика, термохимия и макрокинетика процессов горения и взрывчатого превращения" паспорта научной специальности 1.3.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества (отрасль науки — физико-математические).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 28 статей в печатных изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК, из них 7 публикаций в журналах Q1 по системе Scopus.

Структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх основных глав, заключения, списка условных обозначений и терминов, списка литературы и приложения. Диссертация изложена на 222 страницах, содержит 21 таблицу и 107 рисунков, библиография содержит 327 наименований.

Во **введении** приведена актуальность, сформулированы цели и задачи, описана степень разработанности темы исследования, показаны новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, представлены выносимые на защиту положения, достоверность и апробация результатов работы.

В **первой главе** дан обзор научных достижений в области исследования электропроводности взрывчатых веществ в процессе детонации. Приведена экспериментальная схема измерения электропроводности, описана процедура обработки данных. Описано численное моделирование экспериментальной ячейки, рассмотрены и объяснены некоторые экспериментальные эффекты. Следует отметить большую методическую работу, которая позволила доказать достоверность измерений, пространственное разрешение метода и анализ и оценка возможных погрешностей измерений.

Во **второй главе** описаны результаты экспериментального исследования при детонации зарядов восьми взрывчатых веществ при разных плотности и дисперсности зерна ВВ. Проведено сравнение результатов с известными из литературы. Описаны динамика электропроводности и характерные особенности профиля. Отметим важность анализа влияния воды на электропроводность продуктов детонации и выводов этого анализа.

Третья глава посвящена формулировке и обоснованию модели электропроводности для органических взрывчатых веществ при детонации. Сравнением с результатами экспериментального исследования профилей массовой скорости и электропроводности для близких по структуре и плотности зарядов одного ВВ показана корреляция области высокой электропроводности и химика, получено слабое влияние на зону реакции диаметра заряда. Доказано, что максимум электропроводности достигается внутри зоны реакции.

Выделяющаяся на профиле точка, отделяющая электропроводность с разным градиентом, в работе ассоциирована с точкой Чепмена—Жуге. В рамках этого предположения построена зависимость электропроводности от массовой доли углерода, причем максимальное значение связано с долей углерода в молекуле ВВ, а в точке Чепмена—Жуге — с массовой долей свободного углерода, который выделился в твердой фазе к концу зоны реакции. Рассмотрено влияние всех химических элементов ВВ, продуктов детонации и термодинамических параметров, показано, что единообразная корреляция величины электропроводности есть только с содержанием углерода. Приведены оценки, демонстрирующие контактный механизм проводимости, который осуществляется в детонационной волне по углеродным структурам, пронизывающим детонационную волну. Проведено исследование сохраненных продуктов детонации, показано наличие протяженных проводящих углеродных структур, которые являются наследием сформировавшихся за фронтом детонации углеродных образований.

В четвертой главе продемонстрированы результаты диагностики химпика электропроводностью. Наиболее значимым результатом можно считать убедительное доказательство влияния дисперсности зерна на зону реакции при детонации высокоплотного заряда. Также следует отметить важность заключения о том, что моделирование на базе существующих теорий не может объяснить наблюдаемые явления, что свидетельствует о необходимости модификации моделей кинетики химических процессов при детонации конденсированных взрывчатых веществ.

Таким образом, доказана высокая эффективность диагностики электропроводностью. В заключении приведены основные результаты исследований.

Замечания по диссертационной работе:

1. Литературный обзор включает большое количество публикаций, касающихся темы диссертации. Для каждой публикации приведено краткое описание полученных результатов. Сделан вывод «вопрос электропроводности оказался тесно связан как с фундаментальным исследованием процесса взрывного превращения, так и с синтезом детонационного наноалмаза». При этом анализ всего объема информации проведен недостаточно полно для того, чтобы представить состояние исследований, причины, препятствующие решению существующих проблем и возможные пути их решения.
2. При анализе морфологии материала продуктов детонации (рис. 2.35) указано, что на снимках просвечивающей электронной микроскопии представлены алмазы. Из данных снимков это не очевидно, наблюдаемая кристаллическая структура может соответствовать другим аллотропным формам углерода. Доказательством могли бы служить спектры комбинационного рассеяния и наличие пика на 1333 см^{-1} , которые в диссертации не приведены.
3. Основным результатом диссертационной работы является создание физической модели электропроводности, основанной на том, что электропроводность продуктов детонации определяется контактами углеродных структур. Учитывая, что углеродные продукты детонации могут представлять собой различные аллотропные формы, которые могут быть как диэлектриками, полупроводниками, либо просто проводниками, для возникновения проводимости недостаточно геометрического контакта, а требуется определить требования к углеродным материалам с точки зрения типа гибридизации и электронной структуры углеродных структур. Этого анализа в работе не проведено.
4. Текст диссертации не свободен от опечаток:
Диссертация, стр. 24, 5 строка сверху, должно быть «поток», а напечатано «потом».
Диссертация, стр. 118, 3 абзац снизу, термин «детонаразделции» не знаком автору отзыва.

Диссертация, стр. 118, 2 абзац снизу, вместо термина «однообразной», вероятно должен быть использован термин «единообразной».

Диссертация стр. 138 вывод 2, сложное слово "кислразделородного".

Автореферат стр. 21 последняя строка "... зона реакции имеют...", стр. 29 нижняя строка повторяется слово "срезы".

Отмеченные недостатки не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы Сатонкиной Н.П., которая является завершенным научным исследованием, выполненным на актуальную научную тему, на современном научном уровне и содержащим принципиально новые научные результаты. Особая значимость работы заключается в возможности практического использования полученных данных. Представленные в работе результаты являются достоверными и научно обоснованными, что подтверждается публикациями, в том числе, в высокорейтинговых научных журналах. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что диссертационная работа «Физическая модель электропроводности при детонации конденсированных взрывчатых веществ вида $C_aH_bN_cO_d$ » соответствует требованиям «Положениям о присуждении ученых степеней» п. II «Критерии, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, а ее автор Сатонкина Наталья Петровна заслуживает присуждение ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.17 - химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Отзыв на диссертационную работу заслушан и одобрен на Совете семинара Секции Ученого Совета ИТ СО РАН «Космическая энергетика, разреженные газы, плазма, микро- и нано системы» (протокол №4 от 20.09.2023).

Отзыв подготовил

Новопашин Сергей Андреевич

доктор физико-математических наук

Специальность 01.02.05. - механика жидкости, газа и плазмы.


Ведущий научный сотрудник лаборатории разреженных газов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН)

Служебный телефон: +7 (383) 333-10-95,

адрес электронной почты: sergeynovopashin@gmail.com, sanov@itp.nsc.ru.

Согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.


/ Новопашин С.А. /
Подпись

Подпись д.ф.-м.н. Новопашина С.А.

ЗАВЕРЯЮ

Ученый секретарь ИТ СО РАН




/ Маслов М.С. /
Подпись

21.09.2023
Дата