

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сатонкиной Н.П. «Физическая модель электропроводности при детонации конденсированных взрывчатых веществ вида  $C_a H_b N_c O_d$ », представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

В автореферате представлены **основные результаты по двум направлениям**: экспериментальному исследованию электрических характеристик при детонации широкого круга ВВ при варьировании начальных условий и построению модели электропроводности, позволяющей использовать электрические характеристики как инструмент для диагностики зоны химической реакции в реальном времени.

Можно согласиться с автором с обоснованием актуальности темы исследования, степенью разработки тематики, с формулировками задачи и цели работы, новизны и методами исследований. В автореферате приведен список опубликованных 28 печатных работ автора и коллег (7 из них в журналах первого квартала).

**Во введении** сделан обзор достижений в области исследования электрических свойств детонирующих твердых взрывчатых веществ. Для объяснения высокой электропроводности ранее предлагались различные механизмы, однако, противоречивость полученной информации на их основе связана, в частности, с достаточно низким экспериментальным разрешением.

**В первой главе дано** описание доработанного и обоснованного автором метода экспериментального исследования электропроводности высокого разрешения на базе измерительной ячейки, осуществляющей аппаратное дифференцирование проводимости четко выделенного объема среды. Автор показал, что разрешение метода зависит от толщины диэлектрика и составляет четверть ширины. Проведено численное моделирование отклика экспериментальной ячейки в плоском и квази-трехмерном приближении. Объяснены экспериментальные эффекты, подтверждена эффективность экспериментальной методики.

**Во второй главе** представлены результаты экспериментального исследования восьми ВВ при разных плотности и структуре заряда. Результаты полученных автором измерений и литературные данные хорошо согласуются между собой. Для всех экспериментов с высокой плотностью заряда ВТФ замечено, что скачок проводимости за фронтом детонирующего ВВ происходит за время меньше 6 нс. В результате экспериментальных исследований электрических характеристик в процессе детонации высоко бризантных индивидуальных взрывчатых веществ обнаружена резкая неоднородность электропроводности за фронтом детонации во всем диапазоне исследованных плотностей, на профиле легко выделяется точка перегиба, за которой следует плавное снижение электропроводности, пространственно соответствующее волне Тейлора. Для всех исследованных индивидуальных ВВ максимум электропроводности достигается за фронтом на временах около десятка нс, находится внутри зоны реакции и растет с плотностью.

В **третьей главе** обоснован механизм электропроводности при детонации твердых органических взрывчатых веществ. Прямое сопоставление профилей массовой скорости и электропроводности при близких условиях доказывает корреляцию области высокой электропроводности и зоны реакции. При сравнении профилей массовой скорости и электропроводности зарядов насыпной плотности с разной дисперсностью зерна обнаружено синхронное сокращение длительности области высоких значений с увеличением дисперсности для обоих параметров, что говорит о чувствительности обеих методик к кинетике зоны реакции. Четко выделяется область высокой электропроводности как в высокоплотных зарядах, так и при насыпной плотности. Модель контактной электропроводности, предложенная автором для детонирующих твердых органических взрывчатых веществ, объясняет все наблюдаемые экспериментальные данные, согласуется с результатами моделирования методом молекулярной динамики и экспериментальными выводами, полученными с использованием разных методик.

**Четвертая глава** посвящена применению автором электропроводности в качестве метода диагностики зоны реакции – самой сложной для исследования области детонационной волны. Приведены результаты моделирования времени химической реакции от температуры горячих точек с использованием пяти наиболее известных моделей. Для сравнения приведены минимальная и максимальная длительность области высокой электропроводности по всем экспериментам. Диагностика электропроводностью зоны химической реакции при детонации КВВ оказалась информативной и доказала свою состоятельность. Методом электропроводности автором исследована зона химической реакции при детонации зарядов насыпной плотности с разным начальным размером зерна, интенсификация химической реакции при использовании высокодисперсного зерна объясняется ростом концентрации горячих точек. Если основываться на данных томографического исследования плотности и в качестве зародышей горячих точек рассматривать поры, то кинетика при детонации литого заряда тротила должна быть более интенсивной, чем для прессованного. Это противоречит экспериментальным данным по критическому диаметру, результатам исследования кинетики и электропроводности. Во всех перечисленных случаях прессованный заряд обладает большей чувствительностью, что показывает необходимость разработки новой кинетики.

В **Заключении** приведу некоторые важнейшие результаты:

- доработана и обоснована экспериментальная схема измерения электропроводности с высоким пространственным разрешением,
- получена большая база экспериментальных данных по распределению электропроводности при детонации конденсированных органических ВВ с разными начальными условиями,
- показано, что зона химической реакции коррелирует с областью высокой электропроводности, максимум профиля достигается внутри зоны реакции, для всех исследованных индивидуальных ВВ амплитудное значение электропроводности растет с увеличением плотности заряда,


- сформулирована модель контактной электропроводности, согласно которой за детонационным фронтом формируются протяженные углеродные структуры, пронизывающие все пространство детонационной волны,
- разработанная модель электропроводности позволяет диагностировать кинетику химических реакций в области химпика при детонации конденсированных ВВ,
- показаны имеющиеся противоречия между зависимостью длительности зоны реакции и модельными зависимостями, основанными на кинетике Аррениуса,
- предложено феноменологическое описание механизма запуска химической реакции при детонации конденсированных ВВ.

Проведенный анализ автореферата показал, что автором получен целый спектр важнейших результатов, как в экспериментальной постановке, проведении тонких исследований и обосновании принципиальных выводов, так и создании новых модельных постановок на базе экспериментальных результатов и доказательство их достаточного соответствия описываемым явлениям.

Полученные Сатонкиной Н. П. важнейшие результаты дают основание утверждать их полное соответствие требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а именно «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, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени **доктора физико-математических наук** по специальности 1.3.17 Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.


Отзыв составил  
Кедринский Валерий Кириллович  
профессор, главный научный сотрудник ИГиЛ СО РАН,  
доктор физико-математических наук,  
ФГБУН Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН.  
Служебный телефон: +7 (383) 333-26-65,  
адрес электронной почты: kedr@hydro.nsc.ru.

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

 / В.К. Кедринский /

Подпись д.ф.-м.н. В.К. Кедринского  
ЗАВЕРЯЮ  
Ученый секретарь ИГиЛ СО РАН



 / А.К. Хе /  
Подпись

12 сентября 2023 г