

Отзыв официального оппонента
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

Первый вопрос, который возникает при рассмотрении комплексного многолетнего научного исследования, к которым безусловно относятся и докторские диссертации, является вопрос об актуальности тематики.

Актуальность темы исследования диссертационной работы Н. П. Сатонкиной не вызывает сомнения. Действительно, число экспериментальных методов исследования зоны химической реакции при детонации органических взрывчатых веществ практически ограничивается методом меченых атомов и детальным анализом продуктов детонации. В тоже время изучение электропроводности, при наличии соответствующей модели, открывает новую возможность для диагностики кинетики химической реакции в области химпика. Именно такая задача - построение модели электропроводности конденсированных индивидуальных взрывчатых веществ типа $C_aH_bN_cO_d$ поставлена в диссертационной работе.

Оценивая актуальность темы нельзя не упомянуть и о практически важном аспекте поставленной в диссертации задачи, связанной с детонационным синтезом алмазных наночастиц непосредственно из атомов углерода взрывчатых веществ (ВВ).

Как известно, открытие на рубеже веков новых аллотропных модификаций углерода (фуллеренов, нанотрубок, луковичной формы углерода, графена), реализация разнообразных методов синтеза таких структур и демонстрация возможностей их эффективного применения привело в последние 10-15 лет к тому, что материаловедение углеродных наноструктур стало одним из наиболее динамично развивающихся направлений науки о материалах.

При этом вопрос о деталях механизма синтеза одного из типа таких структур - алмазных наночастиц при детонации ВВ остается открытым. Более того, обсуждается вопрос о том, какая структурная форма углеродной частицы – алмаз или графит является термодинамически стабильной на наноразмере.

Таким образом, построение физической модели электропроводности, поставленное автором в качестве задачи исследования, без сомнения является **актуальной научной проблемой.**

Текст диссертационной работы Н. П. Сатонкиной включает введение, четыре главы, заключение, список условных обозначений сокращений, терминов, список литературы (327 наименований) и Приложение, имеет общий объем 222 страницы, 104 рисунка, в том числе, 22 в 1-ой главе, 43 во 2-ой главе, 21 в 3-ей главе и 18 в 4-ой главе.

Во введении обоснована актуальность исследования, сформулированы цели и задачи работы, приведены доводы, иллюстрирующие новизну полученных результатов и их практическую ценность, перечислены используемые методы исследований, сформулированы три положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассматривается и обосновывается примененный метод экспериментального исследования электропроводности при детонации конденсированных ВВ. На основе анализа известных литературных данных, проведенных экспериментов и результатов моделирования автором была разработана методика измерения электропроводности для исследования детонационных волн. Существенными и новыми результатами, приведенными в этой главе, являются, на наш взгляд, экспериментальная обоснованная оценка оптимальной толщины диэлектрика в измерительной ячейке и численное моделирование сигнала в двумерном и трехмерном приближениях.

Во второй главе приведены результаты экспериментального исследования электропроводности при детонации восьми различных ВВ, отличающихся по величине кислородного баланса, скорости детонации и величине давления в точке Чепмена - Жуге (таблица 2.1), при этом выявлены общие закономерности в кинетике экспериментально измеренной электропроводности при детонации. Существенным для построения предложенной автором модели электропроводности является, во-первых, тот факт, что максимум электропроводности при использовании индивидуальных ВВ достигается за фронтом при временах около десяти наносекунд и находится внутри зоны реакции и, во-вторых, применение ВВ с низким содержанием углерода приводит к существенному понижению измеряемой электропроводности.

В третьей главе излагается и обосновывается предлагаемая модель электропроводности при детонации ВВ, при этом автор анализирует также и результаты изучения сохранных продуктов детонации по данным просвечивающей электронной микроскопии. Суммируя все полученные результаты (рис. 3.21, стр. 130) автор приходит к выводу о том, что «электропроводность при детонации органических взрывчатых веществ определяется содержанием в веществе углерода и уже в зоне реакции происходит выделение углерода... и построение из него проводящих структур, пронизывающих все пространство детонационной

волны». Принципиально, что в предлагаемой модели **электропроводность является «контактной»** и осуществляется по **«углеродным сеткам»**.

Следует подчеркнуть, что для дополнительного обоснования предложенной модели, автор анализирует весь комплекс полученных экспериментальных данных и проводит численные оценки (стр. 134-138) и сопоставление с известными литературными данными.

В четвертой главе предлагается и иллюстрируется возможность применить изучение электропроводности в качестве метода диагностики кинетики зоны реакции конденсированных ВВ при детонации.

На наш взгляд, наиболее интересным результатом, представленным в данной главе, являются результаты изучения влияния характера неоднородностей заряда ВВ на кинетику химических реакций, и, в частности, тот факт, что методом изучения электропроводности удалось исследовать зону химической реакции при детонации ряда ВВ насыпной плотности, но разной зернистости.

В заключении (стр.184-185) автор формулирует основные результаты работы.

Переходя к анализу научной новизны, значимости и достоверности полученных результатов, необходимо отметить следующее.

Научная новизна полученных результатов определяется тем, что впервые экспериментально получена база данных по электропроводности для нескольких конденсированных взрывчатых веществ при достаточно широком диапазоне условий синтеза и при различных способах изготовления. Главным и новым научным результатом является предложенная модель контактной проводимости по углеродным структурам, формирующимся за ударным фронтом детонационной волны. Оригинальным является предложенный и экспериментально обоснованный метод диагностики зоны реакции в процессе детонации по величине электропроводности.

Достоверность результатов и обоснованность выводов, приведенных в диссертационной работе, определяется применением комплекса современных экспериментальных методов исследований, подробным и детальным сопоставлением теоретических выводов и оценок с полученными и литературными данными экспериментальными данными, апробацией результатов работы в многочисленных публикациях и докладах на российских и международных научных конференциях, в том числе узкопрофильных.

С точки зрения развития материаловедения новых типов углеродных наноструктур практически важным, на наш взгляд, являются полученный ответ на вопрос о времени формирования «углеродной сетки» при детонации различных ВВ.

Положительно оценивая работу Н.П.Сатонкиной в целом, нельзя не высказать ряд замечаний и вопросов.

1. Неудачные формулировки первого и третьего положений (стр. 9 диссертации и стр. 8 автореферата), которые не являются научными утверждениями, доказанными в результате выполненной диссертационной работы, а представляют собой изложение основных научных результатов.
2. Недостаточно аргументированным является сопоставление экспериментальных данных
3. На стр. 26 в автореферате указано, что «Моделирование методом молекулярной динамики среды с разными элементами показывает возможность формирования протяженных углеродных структур. Массовое содержание углерода, при котором для формирования углеродных ”проводов“ требуется время в десятки раз больше, составляет около 7%». Остается неясным, о какой конкретно среде и о каком моделировании идет речь.
4. В выводах к главе 4 (стр. 183 первый абзац, стр. 32 автореферата второй абзац) указывается, что «Полученная из томографических данных пористость близка к измеренной «напрямую (7)». Не ясно, что автор понимает под выражением «измерение пористости напрямую»?
5. К сожалению, в тексте диссертации и автореферата много стилистических погрешностей: «слабое сглаживание (?)» (стр.24 диссертации), бесконечно тонкий диэлектрик (стр.31), «модельная зависимость в виде постоянной электропроводности (стр.14 автореферата).
6. Эксперименты с «мечеными атомами» – изотопом углерода ^{13}C позволило бы получить еще одно существенное экспериментальное доказательство в пользу предложенной автором модели. Здесь нельзя не заметить, что подобные эксперименты с мечеными атомами позволили в свое время сформулировать модель формирования фуллеренов в газовой фазе. Это замечание скорее является пожеланием на будущее.

Отмеченные недостатки не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы Сатонкиной Н.П..

Выбранные для изучения вопросы хорошо аргументированы, представляются актуальными, последовательность изложения результатов представляется логичной и обоснованной.

В целом диссертация Сатонкиной Н.П. представляет собой завершенное научное исследование, выполненное на актуальную научную тему, на современном научном уровне и содержащее новые научные результаты в области химической физики горения и взрыва, физики экстремальных состояний вещества.

Полученные результаты являются достоверными и научно обоснованными, что подтверждается публикациями в ведущих научных журналах. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что диссертационная работа «Физическая модель электропроводности при детонации конденсированных взрывчатых веществ вида $C_nH_bN_cO_d$ » соответствует требованиям «Положениям о присуждении ученых степеней» п. II «Критерии, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ 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.

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


_____ Вуль А.Я.

Официальный оппонент
доктор физико-математических наук, профессор,
главный научный сотрудник
ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе
Российской академии наук
24.09.2023 г.

Служебный телефон (812) 292 71 07

e-mail: Alexandervul@mail.ioffe.ru

Адрес организации: 194021 С.Петербург, Политехническая 26

Подпись главного научного сотрудника

д.ф.-м.н., профессора Вуля А.Я.

ЗАВЕРЯЮ

Ученый секретарь ФТИ им. А.Ф. Иоффе

 / М.И. Патров /

26.09.23
Дата

