

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

**Рубцова Ивана Андреевича**, выполненной на тему

«Исследование динамики размеров наночастиц конденсированного углерода при детонации энергетических материалов методом малоуглового рентгеновского рассеяния» и представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества»

Диссертационная работа Рубцова И.А., главным образом, посвящена отработке и реализации метода для исследования динамики роста наночастиц и нанокластеров углерода за фронтом детонационной волны в расширяющихся продуктах взрыва твердых взрывчатых веществ (ВВ). Метод основан на использовании метода малоуглового рассеяния рентгеновского синхротронного излучения (МУРР), что позволило достоверно проводить регистрацию динамики размеров частиц в диапазоне размеров от 2 до 100 нм. Результаты диссертационной работы используются в РФЯЦ – ВНИИЭФ для уточнения уравнения состояния продуктов взрыва штатных взрывчатых веществ на основе ТАТБ. Учет процесса конденсации углерода за фронтом детонационной волны в ВВ на основе ТАТБ позволяет лучше описывать экспериментальные данные по метательной способности ВВ.

**Целью** диссертационной работы Рубцова И.А. является исследование динамики размеров конденсированного углерода за фронтом детонации зарядов из ВВ различного диаметра по измеренным распределениям МУРР.

**Научная новизна** выполненной автором работы состоит в следующем:

- получены результаты по длительной динамике размеров рассеивающих структур (конденсированного углерода), показавшие, что динамика размеров конденсированного углерода превышает зону химической реакции;

- разработаны численные модели восстановления информации по угловым распределениям МУРР с высоким временным разрешением и предложен механизм формирования конденсированного углерода;

- полученные результаты являются уникальными для зарядов ВВ массой около 200 грамм: до проведения диссертационной работы в мире не было экспериментальных установок, позволяющих исследовать динамику конденсации углерода во время детонации зарядов ВВ такой массы.

**Теоретическая и практическая значимость** работы состоит в следующем:

- экспериментальные данные, изложенные в диссертации, используются для построения моделей конденсации углерода и учета энергии формирования частиц углерода в зоне химической реакции за ней. Они также важны для калибровки и верификации уравнений состояния продуктов детонации, учитывающих детальный химический состав газовых и конденсированных компонент. Также результаты работы могут быть полезны при синтезе углеродных наноматериалов, в т.ч. и наноалмазов;

- полученные результаты используются для уточнения уравнений состояния продуктов взрыва ВВ используемых в РФЯЦ – ВНИИЭФ и РФЯЦ – ВНИИТФ.

**Степень обоснованности и достоверности результатов**, полученных автором, обусловлена использованием современных экспериментальных методик и подходов, а также воспроизводимостью полученных данных.

Вновь полученные результаты согласуются как с известными ранее, так и с данными аналогичных исследований зарубежных коллег, ведущихся параллельно.

Признание значимости результатов работы подтверждается публикациями в рецензируемых журналах и высокими оценками на конференции.

**Замечания** по тексту автореферата:

1. Научные положения 1 («экспериментальный подход») и 3 («численные модели») сформулированы без конкретизации, в чем суть «подхода» и «моделей». В положении 2 «время формирования конденсированной фазы углерода» не указано количественно, насколько этот интервал времени («значительно») превышает длительность во времени зоны химической реакции и связано ли оно с исходными характеристиками ВВ (плотность и т.п.), определяющим термодинамические параметры продуктов взрыва.

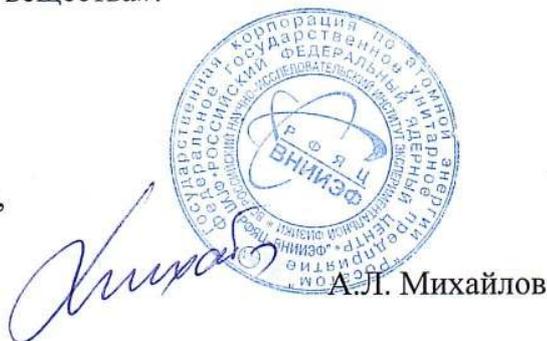
2. В автореферате не указан минимальный и максимальный возможный для регистрации размер частиц и нанокластеров углерода.

3. Имеются фразеологические погрешности: «...ЭМ разного диаметра... (стр. 5)», «смесь тротил/гексоген 50/50 диаметром... (стр. 12)», «...экспериментальные данные... имеют слабую амплитуду (стр. 13)...» и др.

Отмеченные недостатки не носят принципиального характера, не влияют на положительную оценку диссертационной работы в целом.

Диссертационная работа, несомненно, удовлетворяет требованиям пп. 9-14 Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, и является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научно-техническая задача оборонного и общепромышленного значения, а ее автор, Рубцов Иван Андреевич, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

Заместитель научного руководителя  
РФЯЦ-ВНИИЭФ по газодинамическим  
исследованиям – советник при дирекции,  
доктор технических наук,  
специальность 01.04.01



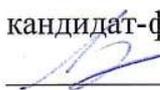
А.Л. Михайлов

Федерально государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ»)  
607188, Нижегородская обл., г. Саров, пр. Мира, д. 37.  
Тел. (83130) 2-01-20.

Электронная почта: postmaster@ifv.vniief.ru

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

Подпись Михайлова А.Л. заверяю.  
И. о. ученого секретаря НТС ИФВ ВНИИЭФ,  
кандидат-физико-математических наук

 М.В. Антипов

18.11.2021