

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.108.02, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «19» сентября 2024 г. № 3

о присуждении Рапота Даниилу Юрьевичу, гражданство РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Экспериментальное исследование инициирования и эволюции неустойчивости детонации жидких взрывчатых веществ» по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества принята к защите 14 июня 2024 года (протокол № 2) диссертационным советом 24.1.108.02 (Д 002.082.03), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук (ФИЦ ПХФ и МХ РАН), подведомственного Министерству науки и высшего образования РФ: 142432, Московская область, г. Черноголовка, пр. академика Семенова, д. 1 (адрес сайта: <http://www.icp-ras.ru>); диссертационный совет утвержден приказом Минобрнауки РФ о создании от 03.03.2016 г. № 245/нк с внесением частичных изменений в состав совета от 17.04.2019 г. № 327/нк, от 18.11.2020 г. № 692/нк, от 19.04.2022 г. №384/нк, от 12.07.2023 г. №1512/нк и в наименование организации от 03.10.2022 г. №1088/нк.

Соискатель Рапота Даниил Юрьевич, 1997 года рождения, в 2020 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова" (МГУ, ведомственная принадлежность - Правительство Российской Федерации), получив квалификацию магистра по направлению 03.04.01 «Прикладные математика и физика». Кандидатские экзамены были сданы соискателем в рамках обучения в аспирантуре МГУ, что подтверждается справкой об обучении. Соискатель в настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника ФИЦ ПХФ и МХ РАН в лаборатории детонации отдела экстремальных

состояний вещества.

Диссертация выполнена в лаборатории детонации отдела экстремальных состояний вещества ФИЦ ПХФ и МХ РАН.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Сосиков Василий Александрович, ФИЦ ПХФ и МХ РАН, отдел экстремальных состояний вещества, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

1. Сатонкина Наталья Петровна, доктор физико-математических наук (1.3.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт гидродинамики имени М. А. Лаврентьева Российской академии наук» (ФГБУН ИГиЛ СО РАН), отдел быстропротекающих процессов, лаборатория физики взрыва, ведущий научный сотрудник;

2. Комиссаров Павел Владимирович, кандидат физико-математических наук (01.04.17 – химическая физика, в том числе физика горения и взрыва), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук» (ФИЦ ХФ РАН), отдел горения и взрыва, лаборатория взрывных процессов в конденсированных средах, заведующий лабораторией;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики имени Н.Л. Духова» (ФГУП «ВНИИА»), г. Москва, в своем положительном отзыве, составленном и подписанном начальником отдела компьютерного материаловедения ФГУП «ВНИИА» к.ф.-м.н. Янилкиным Алексеем Витальевичем и старшим научным сотрудником отдела математического моделирования ФГУП «ВНИИА» к.ф.-м.н. Мурзовым Семёном Александровичем на основании решения заседания НТС ЦФПИ (протокол №25 от 21.08.2024 г.) и утверждённом директором ФГУП «ВНИИА» д.э.н. Лопаревым Сергеем Юрьевичем, указала, что: «Результаты, полученные в диссертационной работе Рапота Д.Ю., позволяют глубже понять фундаментальные механизмы распространения детонационной волны в жидкой



среде, а именно влияние различных факторов (например, состава жидких ВВ, размера заряда, давления) на характеристики детонационного фронта. Эти знания могут быть использованы для уточнения существующих моделей и разработки новых теорий, описывающих поведение жидких взрывчатых веществ при детонации. В дальнейшем эти теории могут быть интегрированы в расчётные модели, которые описывают поведение различных смесей на основе исследованных жидких ВВ при их ударно-волновом нагружении, например, в следующих организациях: РФЯЦ-ВНИИЭФ, РФЯЦ-ВНИИТФ, ИПМ им. М.В.Келдыша, ФГУП ВНИИА им. Н.Л. Духова, ФИЦ ХФ РАН.

<...> Диссертация Рапота Д.Ю. соответствует требованиям пункта 9 «Положения присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, и «Изменений, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации №355 от 21 апреля 2016 г. Диссертация Рапота Д.Ю. является законченной научно-исследовательской работой в области детонации жидких взрывчатых веществ и соответствует требованиям ВАК к диссертациям, предъявляемым на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Автор диссертации Рапота Даниил Юрьевич заслуживает присуждение ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

Соискатель имеет 9 опубликованных работ по теме диссертации (общий объем 40 стр.), в том числе 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК РФ и индексируемых в РИНЦ, Web of Science и Scopus. Все научные работы опубликованы в соавторстве и процитированы в тексте диссертации, недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Sosikov V.A., Torunov S.I., Utkin A.V., Mochalova V.M., Rapota D.Y. Experimental investigation of detonation waves instabilities in liquid high explosives //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2018. – Т. 946. – №. 1. – С. 012058.

2. Рапота Д.Ю., Уткин А.В., Мочалова В.М., Торунов С.И., Сосиков В.А. Особенности ударно-волнового инициирования детонации в жидких взрывчатых веществах // Физика горения и взрыва. – 2023. – Т. 59. – №. 4. – С. 111-121.
3. Уткин А.В., Мочалова В.М., Астахов А.М., Рыкова В.Е., Сосиков В.А., Рапота Д.Ю., Торунов С.И. Структура детонационных волн в смесях тетранитрометана с ацетоном // Физика горения и взрыва. – 2023. – Т. 59. – №. 4. – С. 122-130.

В вышеперечисленных работах представлены экспериментальные результаты: профили массовой скорости для стационарных детонационных волн (ДВ) и ДВ в режиме инициирования и развития детонации в тетранитрометане, нитрометане и бис-(2-фтор-2,2-динитроэтил)-формале (ФИФО) в смесях с инертными разбавителями; снимки развития неоднородностей ячеистого типа и волн срыва реакции в смесях жидких взрывчатых веществ (ВВ) с инертными разбавителями; описание динамики и скоростей развития очагов, волн срыва реакции и ячеистых неоднородностей в вышеперечисленных смесях; метод и результаты сопоставления хронограмм с кадрами сверхскоростной фотокамеры.

На автореферат диссертации поступило 4 отзыва, все положительные. В отзывах зав. отделом НИИСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана д.т.н. с.н.с. Е.Ф. Грязнова и к.ф.-м.н. н.с. отдела синхротронных исследований ЦКП «СКИФ» И.А. Рубцова приведены замечания технического характера. В 2-х отзывах содержатся критические замечания. В отзыве с.н.с. Института структурной макрокинетики РАН к.т.н. А.Ю. Малахова приведено одно замечание технического характера и есть одно критическое замечание: «В автореферате в неполной мере описан предлагаемый автором метод сопоставления развёрток с кадрами». В отзыве к.ф.-м.н. н.с. лаборатории 6.2 ОИВТ РАН С.Ю. Ананьева содержится одно замечание: «В разделе «Изучение волн срыва реакции» автор упоминает, что в смесях на основе тетранитрометана волны срыва реакции проявляются при меньших концентрациях разбавителя, чем требуется для возникновения ячеистой неустойчивости. Это предложение звучит не совсем корректно, так как возникновение волн срыва реакции связано скорее с радиусом заряда и твёрдостью оболочки, чем с концентрацией разбавителя. Правильнее было



бы добавить, что данные закономерности проявляются при постоянном диаметре конкретной оболочки заряда».

Диссертационный совет решил, что на все поступившие замечания соискатель Рапота Д.Ю. дал полные и исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что Сатонкина Наталья Петровна – специалист по исследованию детонационных процессов в различных средах (более 40 работ в рецензируемых журналах, из них 26 опубликованных и цитируемых в Web of science). Её большой опыт в экспериментальных и теоретических исследованиях детонационных процессов дает возможность надежной экспертизы в оценке регистрируемых и описываемых в диссертации явлений. Комиссаров Павел Владимирович является автором 92 работ, 41 из которых индексируется в Web of Science, включающих в себя исследования детонационных свойств различных типов ВВ. Его опыт в этой области полезен для правильной оценки работы Рапота Д.Ю., поскольку в рассматриваемой диссертационной работе исследуется проявление и динамика развития неустойчивостей детонационных волн.

Выбор ФГУП «ВНИИА» в качестве ведущей организации обусловлен тем, что эта организация является одним из лидеров по применению метода молекулярной динамики для моделирования детонационных процессов в жидких взрывчатых веществах, что позволяет оценить степень оригинальности и перспективность полученных Рапота Д.Ю. результатов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

обнаружен не упоминавшийся ранее очаговый характер инициирования гомогенных жидких взрывчатых веществ и показаны индивидуальные особенности его проявления для различных смесей ВВ/разбавитель;

установлено влияние очагов на поле скоростей в области их возникновения и слияния;

показан неклассический, локальный характер возникновения волн срыва реакции на краю заряда в смесях на основе тетранитрометана;

обнаружено уникальное проявление влияния краевых эффектов на структуру

фронта в смесях на основе ФИФО, не интерпретируемое в рамках волн срыва реакции;

впервые зарегистрировано существование различных типов ячеистой неустойчивости детонационного фронта в смесях жидких ВВ с инертными разбавителями на основе нитрометана, тетранитрометана и ФИФО;

установлено, что неустойчивость детонационного фронта не образует ячеек в их классическом представлении, а проявляется в виде более сложных течений;

описан метод сопоставления результатов, полученных при помощи сверхскоростной фоторегистрации (СФР) и сверхскоростной фотосъёмки, и с его помощью показана корреляция результатов СФР/камера для различных смесей жидких ВВ с инертными разбавителями.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что полученные снимки детонационного фронта жидких взрывчатых веществ и проведённый в ходе работы анализ дают возможность выделить существенные, ранее не наблюдавшиеся особенности и отличия в поведении исследованных образцов. В том числе позволяют по-новому взглянуть на процессы, протекающие на разных этапах развития детонации в жидких ВВ и смесях на их основе. Что, в свою очередь, может стать толчком к дальнейшему развитию теории детонации.

Практическое значение полученных соискателем результатов исследования обосновано высокой востребованностью жидких взрывчатых веществ и смесей на их основе в горнодобывающей, ракетостроительной и военной промышленности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использование в работе классических отработанных методик и высокоточного сертифицированного оборудования позволило получить надёжные количественные и качественные данные; экспериментальные результаты стабильно воспроизводятся и хорошо согласуются между собой.

Личный вклад автора состоит в теоретическом анализе литературы по теме диссертации; выполнении основной части экспериментальной работы, обработке, анализе и интерпретации данных, полученных при помощи фотографических методик, формулировке выводов, подготовке докладов на конференции и участии в написании статей.



В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: 1. Требуется пояснение физических причин возникновения исследуемой и описанной в работе неустойчивости при детонации ВВ. 2. Было бы целесообразно отметить практическое применение полученных в работе выводов.

Соискатель Рапота Д.Ю. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию: 1. Неустойчивость детонационного фронта обусловлена влиянием кинетики химических реакций на газодинамику течения за фронтом ударной волны и связана с величиной отношения энергии ударного сжатия к энергии активации в зоне Аррениуса. 2. Жидкие ВВ используются в качестве основы и добавок в ракетных топливах, понимание особенностей их детонации важно для корректной работы детонационных двигателей. Рельефность фронта важна при метании ударников, правильная интерпретация волн срыва - для безопасности работы с ВВ.

На заседании 19 сентября 2024 года диссертационный совет принял решение:

за решение научной задачи по установлению особенностей проявления неустойчивых режимов инициирования и развития детонации в жидких взрывчатых веществах и смесях на их основе с инертными разбавителями, имеющей значение для развития химической физики горения и взрыва, присудить Рапота Даниилу Юрьевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 14 докторов наук по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 14, против присуждения ученой степени – 0, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета  
д.ф.-м.н., профессор

Разоренов Сергей Владимирович

Ученый секретарь диссертационного совета  
д.х.н.

Золотухина Екатерина Викторовна

19.09.2024 г.

