

УТВЕРЖДАЮ

Проректор ТПУ

по науке и трансферу технологий

Д.Ф.М.Н.

Л.Г. Сухих

2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет»

Диссертация «Импульсное лазерное зажигание смесей перхлората аммония с алюминием» по специальности 1.3.17 Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества выполнена в Отделении материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий, федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В период подготовки диссертации соискатель Форат Егор Викторович 1990 года рождения работал в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», в должности старшего преподавателя Отделения материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий.

В 2014 г. окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» по специальности 200500 Лазерная техника и лазерные технологии.

В 2018 г. окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по специальности 01.04.17 Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Диплом об окончании аспирантуры по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» выдан в 2018 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Тема диссертационной работы утверждена решением ученого совета Инженерной школы новых производственных технологий федерального

государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» от «26» апреля 2022 г., номер протокола 04.

Научный руководитель: Ципилев Владимир Папилович, доктор физико-математических наук, основное место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Отделение материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий, профессор, назначен приказом по организации № 41-55/с от «10» февраля 2023 г.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Общая характеристика работы

Диссертация Фората Егора Викторовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены результаты экспериментальных и теоретических исследований, выполненных на актуальную тему в области лазерного воздействия на двухосновные металлизированные пиротехнические смеси.

Работа оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Актуальность исследования

Лазерное инициирование процессов горения и взрыва энергетических материалов лежит в основе перспективных с точки зрения безопасности и надежности технических устройств различного назначения, в том числе в ракетно-космической и горнодобывающей отраслях. Использование стабильных в производстве и снаряжении двухкомпонентных смесей ПХА/АI в таких устройствах позволит дополнительно увеличить безопасность и технологичность производства.

Представленные в работе исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ «Лазерное инициирование смесевых энергетических материалов на основе нанодисперсных компонентов», № 15-03-05385.

Научная новизна работы

Показано, что составы на основе ПХА/НП АI в широком диапазоне плотности (от 320 до 1700 кг/м³) имеют значительно большие пороги зажигания в условиях прижатия к поверхности образцов прозрачной пластины, чем в условиях зажигания с открытой поверхности. Установлено, что такое поведение составов связано с тепловой разгрузкой сформированных в приповерхностном слое тепловых очагов, что является особенностью смеси с НП АI. Разработаны методики экспериментального и теоретического определения оптических характеристик образцов смесей ПХА/НП АI и отдельных компонент. Выявлено, что оптические характеристики смеси ПХА/НП АI аналогичны характеристикам чистого НП АI. На основании

найденных оптических характеристик проведено моделирование и численный расчёт задачи нагрева смеси ПХА/НП Al при пороговых уровнях лазерного воздействия в условиях открытой и закрытой поверхности. Показано, что повышение порога инициирования в условиях закрытой поверхности в исследуемом диапазоне плотности связано со значительным отводом теплоты в накрывающую пластину.

Практическая значимость

Определены условия и характеристики лазерного импульсного зажигания смесей ПХА/Al в различных условиях (давление прессования, закрытия поверхности, дисперсность компонентов, соотношение компонентов в смеси). Разработаны методики определения оптических характеристик ПХА и Al, которые можно применять к другим порошковым рассеивающим средам и металлическим порошкам. Представленные в работе результаты и модели целесообразно использовать в разработке лазерных систем инициирования, в том числе с оптоволоконной системой доставки излучения, которые способны заменить используемые в промышленности электрические системы.

Степень достоверности результатов исследований

Достоверность представленных в работе результатов обусловлена систематическим характером исследования, применением самых современных приборов, хорошей воспроизводимостью полученных результатов, оценкой систематических и случайных погрешностей, удовлетворительной стабильностью условий проведения экспериментов, сравнением с теоретическими и экспериментальными результатами других авторов.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в работе

Личный вклад автора состоит в постановке задач, разработке методик измерения оптических характеристик, проведении экспериментов и измерений, подготовке образцов исследуемых составов, разработке математических моделей и проведении численного моделирования, обработке и анализе результатов исследований, подготовке материалов к публикации статей, разработке экспериментальной установки в соответствии с поставленными задачами.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Результаты исследований изложены в 16 печатных работах, в том числе 2 – в международном рецензируемом научном журнале, индексируемом базами данных Scopus и Web of Science: «Propellants, Explosives, Pyrotechnics». Одна статья опубликована в журнале, рекомендованном ВАК РФ для публикации материалов кандидатских диссертаций: «Известия вузов. Физика».

Статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук:

1. Medvedev V. Effect of ammonium perchlorate and aluminum composition density on characteristics of laser ignition / V. Medvedev, V. Tsipilev, E. Forat // Propellants, Explosives, Pyrotechnics. – 2018. – Vol. 43, Issue 2. – P. 122–125.

2. Tsipilev V. Laser ignition of ammonium perchlorate/aluminum composition confined into PMMA capsule / V. Tsipilev, E. Forat, V. Medvedev, A. Yakovlev, V. Vavilov, V. Shiryayev // Propellants, Explosives, Pyrotechnics. – 2022. – Vol. 47, Issue 3. – Article number e202100184.

3. Медведев В. В. Влияние перхлората аммония на активность порошков алюминия различной дисперсности / В. В. Медведев, А. А. Решетов, С. В. Змановский, А. П. Ильин, Л. О. Роот, А. В. Мостовщиков, Е. В. Форат // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2016. – Т. 59, № 9-3. – С. 181–183.

Диссертация «Импульсное лазерное зажигание смесей перхлората аммония с алюминием» Фората Егора Викторовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

Заключение принято на заседании объединенного научного семинара Отделения материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Присутствовало на заседании 17 чел. Результаты голосования: «за» - 17 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 81 от «13» февраля 2023 г.

Председатель объединенного
научного семинара, профессор,
д.ф.-м.н., руководитель
отделения материаловедения
ИШНПТ ТПУ

Секретарь научного семинара,
д.ф.-м.н., профессор
отделения материаловедения

— В.А. Клименов

— Е.Ф. Полисадова