

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сорокина Ивана Викторовича
«Зажигание высокоэнергетических материалов, содержащих биметаллические
энергоемкие горючие»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 1.3.17 – «Химическая физика, горение и взрыв,
физика экстремальных состояний вещества»

В диссертации Сорокина Ивана Викторовича установлены закономерности зажигания металлизированных высокоэнергетических материалов на основе смесей перхлората аммония, нитрата аммония, бутадиеновых или тетразольных каучуков, микроразмерных порошков алюминия, магния, железа, никеля, титана, бора, боридов алюминия, при нагреве лучистым потоком тепла, определены макрокинетические параметры экзотермических реакций в конденсированной фазе на основе данных по задержке воспламенения изученных составов. Для оптимизации состава изученных металлизированных высокоэнергетических материалов выполнены термодинамические расчеты, проведены сравнения удельного импульса двигателя, характеристик горения твердого топлива, состава конденсированных продуктов горения. Также изучены основные закономерности термического окисления порошков металлического горючего и разложения компонентов высокоэнергетических материалов при постоянной скорости нагрева.

Тема диссертационного исследования является актуальной, так как проблема оптимизации многокомпонентных составов высокоэнергетических материалов для твердотопливных ракетных двигателей и газогенераторов чрезвычайно важна для ракетно-космической отрасли. Кроме того, актуальность темы исследований также связана с разработкой лазерных систем инициирования.

В автореферате диссертации отражено решение следующих задач: 1. Определение путем термодинамических расчетов закономерностей влияния содержания и природы металлических компонентов на характеристики горения высокоэнергетических материалов, величину удельного импульса двигателя и состава конденсированных продуктов горения в камере сгорания и на выходе из сопла двигателя. Выбор перспективных с точки зрения получения максимального удельного импульса двигателя составов высокоэнергетических материалов на основе перхлората аммония, нитрата аммония, бутадиеновых или тетразольных каучуков и металлического

горючего; 2. Изучение основных закономерностей термического окисления порошков металлического горючего и разложения компонентов высокоэнергетических материалов при постоянной скорости нагрева. Определение характерных температур окисления, скорости тепловыделения при нагреве порошков металлических горючих. Установление влияния компонентного состава и содержания порошков металлов на скорость термического разложения высокоэнергетических материалов; 3. Исследование количественных закономерностей зажигания высокоэнергетических материалов, содержащих порошки металлического горючего варьируемого состава, при нагреве лучистым потоком тепла. Определение макрокинетических параметров экзотермической реакции в конденсированной фазе на основе данных по временам задержки зажигания при вариации компонентного состава и содержания металлического горючего; 4. Изучение с помощью видео- и тепловизионной съемки качественной картины образования и эволюции локальных реакционных зон на поверхности металлизированных твердотопливных композиций и разработка уточненных представлений о физических механизмах зажигания высокоэнергетических материалов с варьируемыми металлсодержащими компонентами.

Полученные в диссертационной работе результаты обладают научной новизной, так как в ней с помощью термоаналитических исследований определены значения температур начала интенсивного окисления, фазовых переходов, скорости тепловыделения экзо- и эндотермических реакций и скорости изменения массы металлических горючих на основе смесей ультрадисперсных порошков алюминия, железа, никеля, титана с бором при постоянной скорости нагрева $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ в воздухе. Экспериментально показано, что введение 2 масс. % ультрадисперсного порошка железа в состав высокоэнергетических материалов на основе перхлората аммония, бутадиенового каучука и ультрадисперсного порошка алюминия интенсифицирует процесс термического разложения компонентов и снижает времена задержки зажигания топлива при лучистом нагреве. Изучены характеристики зажигания высокоэнергетических материалов на основе смесей перхлората аммония, нитрата аммония, связующего, порошков алюминия, магния, железа, никеля, титана, аморфного бора, а также боридов алюминия, при иницировании лучистым потоком. Экспериментально показано, что введение порошков боридов алюминия (AlB_2 и AlB_{12}) в составе высокоэнергетических материалов, содержащего перхлорат аммония, нитрат аммония и тетраольный каучук в 2 раза уменьшает время задержки

воспламенения таких составов по сравнению с высокоэнергетическими материалами с ультрадисперсным порошком алюминия. Также в диссертационной работе установлены особенности локального реагирования и развития очагов горения на поверхности металлизированных высокоэнергетических материалов при вариации их состава в условиях лучистого нагрева, представляющие основу для построения детальных физических механизмов зажигания исследованных многокомпонентных топливных композиций.

Теоретическая и практическая значимость полученных в диссертационной работе результатов заключается в том, что они могут быть использованы для развития теории горения гетерогенных конденсированных систем, а также для решения ряда практических задач, связанных с обеспечением взрывобезопасности, расчетом переходных процессов в энергоустановках различного назначения (ракетно-космические технологии, средства вооружения, пиротехника, газогенераторы, двигатели на твердом и пастообразном топливах) и разработкой лазерных систем инициирования. Установленные закономерности и характеристики окисления металлических горючих, зажигания высокоэнергетических материалов расширяют область знаний о горении твердотопливных композиций, содержащих биметаллические порошки. Установленные зависимости времени задержки зажигания от плотности теплового потока и характерные температуры окисления порошков металлов позволяют определить оптимальные характеристики зажигания многокомпонентных высокоэнергетических материалов.

К автореферату имеется следующее замечание:

1. На Стр. 18 в Таблице 2 представлены рассчитанные величины констант формальной кинетики зажигания высокоэнергетических материалов. Однако точность определения этих констант, например, энергии активации, в автореферате не указана.

Данное замечание не снижает научную ценность полученных автором результатов.

Автореферат диссертации позволяет заключить, что диссертационная работа «Зажигание высокоэнергетических материалов, содержащих биметаллические энергоемкие горючие», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества», соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства

Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Сорокин Иван Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

Я, Шмаков Андрей Геннадьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Сорокина Ивана Викторовича, и их дальнейшую обработку.

Заведующий
лаб. кинетики процессов горения
ИХКГ СО РАН
д.х.н.,

Шмаков Шмаков Андрей Геннадьевич
подпись

тел. (383) 333-33-46,
+7(913)713-75-51
e-mail: shmakov@kinetics.nsc.ru

Дата: «21» сентября 2022 г.

Подпись Шмакова Андрея Геннадьевича заверяю:

Ученый секретарь ИХКГ СО РАН
к.ф.-м.н.



А. П. Пырева

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук (ИХКГ СО РАН)
630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, д. 3
(383) 330-91-50; referent@kinetics.nsc.ru
www.kinetics.nsc.ru