

## 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

Повышение эффективности процессов горения высокоэнергетических материалов, используемых в составе ракетных топлив, является актуальной задачей и представляет практический интерес. В настоящее время проводится множество исследований, направленных на увеличение удельного импульса тяги двигателя за счет введения в состав ракетных топлив различных металлических компонентов в качестве горючего для повышения теплоты сгорания, обеспечения полноты сгорания топлива, уменьшения времени задержки воспламенения топлива.

Диссертационная работа И. В. Сорокина посвящена изучению процессов зажигания высокоэнергетических материалов, содержащих биметаллические энергоемкие горючие в различной концентрации. Автором проведен большой объем экспериментальных исследований по изучению различных биметаллических горючих и их влияния на время зажигания высокоэнергетических материалов.

В работе были получены следующие результаты, имеющие научную новизну:

1. Методом термоаналитического исследования 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.

2. Установлено, что введение 2 масс. % ультрадисперсного порошка железа в состав высокоэнергетического материала на основе перхлората аммония, бутадиенового каучука и ультрадисперсного порошка алюминия интенсифицирует процесс термического разложения компонентов и снижает времена задержки зажигания топлива при лучистом нагреве.

3. Экспериментально определены характеристики зажигания составов высокоэнергетических материалов, содержащих перхлорат аммония, нитрат аммония, горючие-связующие вещества и металлическое горючее на основе алюминия, магния, железа, никеля, титана, аморфного бора, а также боридов алюминия, при инициировании  $\text{CO}_2$ -лазером в диапазоне плотности теплового потока  $q = 60\text{--}200\text{ Вт}/\text{см}^2$ .

4. Установлено, что применение порошков боридов алюминия  $\text{AlB}_2$  и  $\text{AlB}_{12}$  в составе высокоэнергетического материала, содержащего перхлорат аммония, нитрат аммония и тетраэольный каучук, существенно (~2 раза) снижает времена задержки зажигания таких составов по сравнению с высокоэнергетическим материалом, содержащим алюминий.

5. С использованием методов высокоскоростной визуализации и тепловизионной съемки определены особенности локального реагирования и развития пламенных процессов на поверхности металлизированных высокоэнергетических материалов варьируемого состава в условиях лучистого нагрева, представляющие основу для построения детальных физических механизмов зажигания исследованных топливных композиций.

Полученные результаты экспериментальных исследований могут быть использованы для развития теории горения гетерогенных конденсированных систем и для решения ряда практических задач, связанных с оценкой взрывобезопасности ракетно-космических технологий, средств вооружения, двигателей на твердом топливе и т.д. Установленные закономерности и зависимости позволяют определить оптимальные характеристики зажигания.



Достоверность результатов диссертационной работы И. В. Сорокина основана на физическом обосновании проведенных опытов, использовании классических экспериментальных методов термического анализа и измерения времени задержки зажигания, использовании классических методов статического анализа экспериментальных данных, а также сравнением полученных теоретических и экспериментальных результатов.

*Некоторые замечания*

1. К основному замечанию можно отнести отсутствие в заключении сформулированных общих закономерностей зажигания металлизированных высокоэнергетических материалов сложного состава и рекомендаций по вариации состава топлив, указанных в цели диссертационного исследования.

2. Сформулированные задачи исследования не раскрывают заявленной цели диссертационного исследования.

3. В тексте автореферата не отражены некоторые визуализированные результаты экспериментальных исследований, соответствующие описанным результатам, в частности относящиеся к положению, выносимому на защиту (п.4).

Отмеченные недостатки не снижают практическую ценность работы и не влияют на обоснованность защищаемых положений.

Диссертация представляет собой завершённое научное исследование, выполненное автором самостоятельно и на достаточно высоком уровне. Полученные автором результаты являются достаточно новыми, обоснованными и достоверными.

Работа отвечает требованиям п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 (ред. От 01.10.2018), а ее автор Иван Викторович Сорокин заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Доктор технических наук, профессор  
кафедры «Авиа- и ракетостроение» ФГАОУ ВО  
«Омский государственный технический университет»  
Руководитель ИНОЦ «Космическая экология»

  
/ Трушляков Валерий Иванович/  
03.10.2022

Служебный адрес:  
644050, РФ, Омск, пр-т Мира, д. 11  
тел.: (3812) 27-52-12, 25-75-77  
e-mail: [vatrushlyakov@yandex.ru](mailto:vatrushlyakov@yandex.ru)

Я, Трушляков Валерий Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой кандидатской диссертации Сорокина Ивана Викторовича и на их дальнейшую обработку.

  
/ Трушляков Валерий Иванович/

Подпись д.т.н., профессора Трушлякова В.И. заверяю.  
Проректор на научной и инновационной работе ОмГТУ



/ Фефелов Василий Федорович /