

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Золоторёва Николая Николаевича «ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В ГИБРИДНОМ РАКЕТНОМ ДВИГАТЕЛЕ ПРЯМОЙ СХЕМЫ», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Диссертация Н.Н. Золоторёва посвящена исследованию рабочих процессов в гибридном ракетном двигателе (ГРД) прямой схемы, в котором в качестве горючего используется заряд твердого горючего материала (ТГМ), горящий в потоке распыленного жидкого или газообразного окислителя.

Актуальность темы обусловлена перспективностью использования ГРД, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с классическими ракетными двигателями на твердом топливе. В связи с этим исследования в данном направлении интенсивно ведутся практически во всех развитых странах мира.

Диссертация состоит из пяти глав, список литературы включает 155 наименований. В обзоре, представленном 1 главе, рассмотрены особенности, преимущества и недостатки ГРД в сравнении с классическими схемами жидкостных и твердотопливных ракетных двигателей, выделены нерешенные проблемы и указаны направления исследований.

Далее, в главе 2 представлены результаты определения термодинамических характеристик исследуемых ВЭМ, содержащих в качестве горючих компонентов порошки Al, В и соединений AlB₂, AlB₁₂, TiB₂. Сделаны выводы о влиянии типа металлического горючего и компонентного состава топливных композиций с варьируемым коэффициентом избытка окислителя на термодинамические характеристики исследуемых композиций.

В 3 главе представлены результаты экспериментального исследования процессов зажигания и горения перспективных композиций энергетических материалов. Найдено, что в условиях нагрева лучистым потоком повышенной воспламеняемостью обладают образцы, содержащие аморфный бор и борид алюминия. Это оказывается противоположным тому, что обнаружено при зажигании в условиях кондуктивного подвода тепла. Интересные результаты получены по зажиганию пироксилина переменным во времени тепловым потоком. Найдено, что время задержки зажигания при линейно возрастающем тепловом потоке меньше, чем при воздействии эквивалентного постоянного теплового потока. Представленное объяснение носит формальный характер, но можно отметить, что проведенные в нашей лаборатории численные расчеты показали, что эти результаты находят теоретическое обоснование и позволяют сделать практически важный вывод, что при ограничении доступного количества тепла (массы воспламенителя) выгоднее зажигать возрастающим тепловым потоком.

Интересные результаты по характеристикам факела распыла жидкого окислителя ГРД на модельных компонентах (дистиллированная вода и керосин) при использовании центробежной и эжекционной форсунок представлены в 4 главе. Получены зависимости максимального диаметра капель для разных значений чисел Рейнольдса и Онезорге, которые предлагается использовать для расчета характеристик распыливания реальных окислителей ГРД (H₂O₂, NHO₃, N₂O₃).

Результаты теоретического и экспериментального исследования процесса горения заряда ТГМ в ГРД прямой схемы представлены в 5 главе. На основе результатов расчетов по разработанной математической модели предложен способ оптимизации заряда ТГМ путем введения в него дополнительного твердого окислителя, который распределен по длине заряда таким образом, чтобы расходующийся по длине канала газообразный окислитель был

компенсирован введенным в состав твердотопливного заряда твердым окислителем. Эта идея созвучна ранее рассматривавшейся идее неравномерного распределения металлического горючего по длине твердотопливного заряда и требует, по крайней мере, лабораторной проверки. Хотя логичность такого подхода не вызывает сомнений.

По содержанию реферата имеется ряд мелких замечаний.

1. В некоторых случаях целесообразно дать пояснения используемой терминологии.

Например, с.5 - возможность обеспечения равномерного горения заряда, с. 11- повышенной воспламеняемостью обладают образцы, с.12-число Аррениуса. Термин кондуктивный подвод тепла необходимо детализировать.

2. На с.10 непонятна фраза «снижение коэффициента избытка окислителя от $\alpha = 1$ до $\alpha = 0.7$ практически влияет...».

3. В табл. 5 данные по скоростям горения приведены без указания разброса. При этом непонятно, к чему относится значение коэффициента избытка окислителя в последнем столбце.

4. В описании к рис.5 не приведены значение давления и состав исследуемого ЭМ.

5. Целесообразно привести хотя бы в минимальном количестве конкретные результаты отработки модельного ГРД с твердотопливным зарядом ТГМ (с.18).

Представляется, что некоторые замечания обусловлены излишней краткостью изложения материала реферата.

Несмотря на сделанные замечания, на основании чтения автореферата и анализа списка публикаций можно сделать вывод, что диссертация Н.Н. Золоторёва по научной новизне и практической значимости результатов, а также по объему выполненных исследований является законченным научным исследованием, удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, и соответствует требованиям пункта 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней. Можно специально отметить полноту опубликования научных результатов в периодических изданиях, включая публикацию патента на изобретение.

Соискатель Н.Н. Золоторёв заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Главный научный сотрудник ИХКГ СО РАН

Д.ф.-м.н., профессор

Телефон: +7 383 333-22-92

Владимир Егорович Зарко

Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук

ул. Институтская, д.3, Новосибирск 630090, Россия

Я, Зарко Владимир Егорович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с обработкой информации.

