Министерство образования и науки Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Физико-технический факультет
Кафедра прикладной газовой динамики и горения

ДОПУСТИТЬ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ГЭК
Руководитель ООП
д-р физ.-мат. наук, профессор
_____ Г.Р. Шрагер
« ____ » _____ 2018 г.

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД
об основных результатах подготовленной научно – квалификационной работы

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЖИГАНИЯ И ГОРЕНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В ГИБРИДНОМ РАКЕТНОМ ДВИГАТЕЛЕ

по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
направление подготовки 01.06.01 – Математика и механика

Золоторёв Николай Николаевич

Научный руководитель
д-р физ.-мат. наук, профессор
_____ В.А. Архипов
подпись
« ____ » _____ 2018 г.

Автор работы
аспирант
_____ Н.Н. Золоторёв
подпись

Томск – 2018

Работа выполнена на кафедре прикладной газовой динамики и горения физико-технического факультета, в отделе газовой динамики и физики взрыва Научно-исследовательского института прикладной математики и механики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Научный руководитель:

Архипов Владимир Афанасьевич, доктор физико-математических наук, профессор

Официальные рецензенты:

Борисов Борис Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (г. Томск)

Ципилев Владимир Папилович, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (г. Томск)

Защита состоится 29 июня 2018 г. на заседании государственной итоговой аттестации при федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 36, стр. 27, ауд. 239

С научным докладом можно ознакомиться в Научной библиотеке федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» и на сайте: http://www.lib.tsu.ru

Научный доклад размещен 21 июня 2018 г.

Секретарь ГЭК / /

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Гибридный ракетный двигатель (ГРД) относится к классу двигательных установок на комбинированном топливе с пространственно разделенными горючим и окислителем и включает заряд твердого горючего материала (ТГМ), горящего в потоке распыленного жидкого или газообразного окислителя (ГРД "прямой схемы"), или заряд твердого окислителя, горящего в потоке распыленного жидкого или газообразного горючего (ГРД «обратной» схемы). Первый в мире гибридный ракетный двигатель ГИРД-9, работающий на сгущенном бензине и газообразном кислороде, был разработан С.П. Королевым и М.К. Тихонравовым в 20-х годах прошлого века. После Второй мировой войны интенсивные исследования в области ГРД проводились как в Европе, так и в США.

В связи с созданием смесевых металлизированных твердых топлив, конкурентоспособных по энергетическим характеристикам с жидкими ракетными топливами, ключевое направление в развитии ракетного двигателестроения связано, в основном, с разработкой твердотопливных (РДТТ), и также жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) широкой номенклатуры. Следует отметить попытку применить гибридный ракетный двигатель, работающий на топливной смеси на основе гранул полиамида и закиси азота, в частном пилотируемом суборбитальном космическом корабле Space Ship Two.

Интенсификация космических программ в последнее десятилетие стимулирует интерес к исследованиям рабочих процессов в гибридных схемах ракетных двигателей, о чем свидетельствует возрастающий объем публикаций в этой области. Это связано с тем, что ГРД обладает рядом преимуществ по сравнению с классическими схемами жидкостного и твердотопливного ракетных двигателей.

По сравнению с ЖРД гибридный ракетный двигатель имеет преимущества:

- Простота конструкции.
- Отсутствие сложной системы охлаждения камеры сгорания.
- Более низкая стоимость и короткий цикл производства.

По сравнению с РДТТ гибридный ракетный двигатель имеет преимущества:

- Отсутствие взрывчатых веществ в составе ТГМ.
- Нечувствительность к дефектам твердотопливного заряда.
- Более высокие значения удельного импульса тяги.
- Возможность регулирования тяги и многократного включения.

Отмеченные преимущества позволяют использовать ГРД в качестве космических двигательных установок разного назначения – от тяговых двигателей первых ступеней ракет до регулируемых двигателей систем ориентации, управления, мягкой посадки и др. Для практической реализации данного класса двигателей необходимо обеспечить высокие энергетические характеристики ГРД, позволяющие снизить материальные и финансовые затраты при запуске и выводе на орбиту космических аппаратов.

Актуальностью на современном этапе развития ракетно-космической техники является решение проблемы, связанной с практической реализацией гибридного ракетного двигателя с повышенными энергетическими характеристиками. Отработку ГРД экономически целесообразно осуществлять на модельных экспериментальных установках в условия, соответствующих реальным.

Целью настоящей работы является экспериментально-теоретическое исследование характеристик зажигания и горения твердого топлива в гибридном ракетном двигателе.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Термодинамический расчет новых перспективных составов высокоэнергетических материалов (ВЭМ) и зарядов ТГМ, содержащих в качестве металлических горючих порошки алюминия, бора, диборида алюминия (AlB_2), полиборида алюминия (AlB_{12}) и диборида титана (TiB_2).

2. Изготовление экспериментальных образцов рассматриваемых ВЭМ и зарядов ТГМ.

3. Тестирование программно-аппаратного комплекса, предназначенного для интерпретации результатов измерений.

4. Определение основных характеристик зажигания и горения образцов ВЭМ и зарядов ТГМ на модернизированном экспериментальном стенде в зависимости от следующих условий: источник воздействующего теплового потока; интенсивность воздействующего теплового потока; изменение давления в камере постоянного давления в диапазоне (0.1 ÷ 2.0) МПа.

5. Проведение комплекса экспериментальных исследований по зажиганию и горению образцов ВЭМ и зарядов ТГМ.

6. Оптимизация твердотопливного заряда ТГМ, обеспечивающая высокую полноту сгорания.

7. Разработка и модернизация лабораторных стендов и методик для исследования процессов зажигания и горения образцов ВЭМ и зарядов ТГМ.

Новизна исследований, проводимых в рамках научно-квалификационной работы, состоит в предлагаемом подходе, включающем изучение комплекса проблем – термодинамический расчет перспективных составов образцов ВЭМ и экспериментальное исследование новых топливных композиций и зарядов ТГМ, разработка новых технических решений для перспективных схем гибридных ракетных двигателей, разработка

теоретических моделей технологических процессов при получении топливных компонентов.

Практическая значимость направления исследований в рамках представленного научного доклада определяется потребностями ракетно-космической отрасли России в повышении эффективности, снижении стоимости и сроков разработки и испытаний ГРД как одного из наиболее перспективных типов двигательных установок космического назначения.

Степень достоверности результатов экспериментальных исследований. Научные положения и выводы, приведенные в работе, следуют из строгого физического обоснования методов экспериментального исследования, использования классических апробированных экспериментальных методик, согласования с результатами, полученными другими авторами в смежных областях исследований. Для проведения экспериментальных исследований использовалась современные высокоточные поверенные датчики и программно-аппаратные комплексы. Для подтверждения достоверности экспериментальных данных использовали статистическую обработку результатов серий экспериментов.

Научные положения, результаты и выводы, выносимые на защиту:

Результаты экспериментального исследования характеристик зажигания новых перспективных образцов ВЭМ, содержащих порошки алюминия, бора, диборида алюминия, полиборида алюминия и диборида титана, при нагреве лучистым тепловым излучением и излучением CO_2-лазера.

Результаты экспериментального исследования стационарной скорости горения новых перспективных образцов ВЭМ в камере постоянного давления в диапазоне (0.1 ÷ 2.0) МПа.

Метод и результаты оптимизации твердотопливного заряда ТГМ, обеспечивающей высокую полноту сгорания.

Методика и результаты отработки модельного ГРД.

Личный вклад. Автор работы входит в состав сотрудников НИИ ПММ ТГУ в отделе прикладной газовой динамики и физики взрыва. В обязанности автора входит термодинамический расчет, подготовка модельных экспериментальных стендов и их модернизация, настройка программно-аппаратного комплекса для регистрации параметров, комплекс испытаний по зажиганию и горению образцов ВЭМ и зарядов ТГМ, обработка и анализ полученных данных. Результаты, полученные в ходе научно-исследовательской работы, были апробированы автором на Международных и Всероссийских конференциях и семинарах.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований, приведенные в научном докладе, представлены на следующих конференциях и семинарах: X Международная конференция HEMs-2014 «Высокоэнергетические материалы: Демилитаризация, антитерроризм и гражданское применение» (Бийск, 2014); 7-я Международная конференция Space'2015 «Космический вызов XXI века: Новые материалы, технологии и приборы для космической техники» (Севастополь, Крым, 2015); XXI Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии» (Томск, 2015); Всероссийская конференция «XXXII Сибирский теплофизический семинар» (Новосибирск, 2015); Всероссийская научно-техническая конференция «Авиадвигатели XXI века» (Москва, 2015); Всероссийская научная конференция с международным участием «Тепло-физические основы энергетических технологий» (Томск, 2015); XV Минский международный форум по тепломассообмену (Минск, Беларусь, 2016); XI Международная

конференция «Неравновесные процессы в соплах и струях» (Алушта, Крым, 2016), XII Международная конференция HEMs-2016 «Высокоэнергетические материалы: Демилитаризация, антитерроризм и гражданское применение» (Томск, 2016); International Congress on «Energy Fluxes and Radiation Effects» (Tomsk, 2016); IX Всероссийская конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики» (Томск, 2016); Международная молодежная научная конференция «Тепломассоперенос в системах обеспечения тепловых режимов энергонасыщенного технического и технологического оборудования» (Томск, 2017); XXI Школа-семинар молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А.И. Леонтьева «Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках» (Санкт-Петербург, 2017); XX Юбилейная Международная конференция по «Вычислительной механике и современным прикладным программным системам» (Алушта, Крым, 2017), Всероссийская конференция с элементами научной школы для молодых ученых «XXXIII Сибирский теплофизический семинар» (Новосибирск, 2017); 9 th International Seminar on «Flame Structure» (Новосибирск, 2017); XII Всероссийская конференция молодых ученых «Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии» (Новосибирск – Шерегеш, 2018).

Публикации. Основные положения и результаты научно-исследовательской работы опубликованы в 30 печатных работах, в том числе 4 – в рецензируемых журналах из списка, рекомендованных ВАК РФ: «Известия вузов. Физика», «Ползуновский вестник», «Инженерно-физический журнал», «Физика горения и взрыва». Опубликованы 14 работ в Международных рецензируемых журналах, индексируемых базами данных «Scopus» и «Web of Science»: «Russian Physics Journal», «MATEC Web of Conferences», «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering»,

«IOP Conference Series: Earth and Environmental Science», «Journal of Physics: Conference Series», «Combustion, Explosion, and Shock Waves», «Journal of Engineering Physics and Thermophysics». Получены 2 патента Российской Федерации на изобретение. Список основных публикаций приведен в конце научной работы.

Структура и содержание работы. Научный доклад состоит из введения, 4 глав, заключения, списка научных публикаций автора.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлен аналитический обзор научно-технической литературы по теме работы, указана актуальность темы научного исследования, сформулированы цель и задачи исследований.

В первой главе проведен анализ основных конструктивных схем гибридного ракетного двигателя. Показаны основные особенности, преимущества и недостатки ГРД в сравнении с классическими схемами ЖРД и РДТТ. Проанализированы работы других авторов разных стран (США, Франции, Японии, Италии, Израиля, Китая). На основании анализа современного состояния в области разработки конструкций гибридных двигательных установок проведено обоснование выбора направления, методов и средств экспериментальных и теоретических исследований по теме научно-квалификационной работы.

Во второй главе представлены результаты определения термодинамических характеристик высокоэнергетических материалов, содержащих в качестве металлических горючих порошки алюминия (Al), бора (B) и соединений AlB_2, AlB_{12}, TiB_2. Термодинамические характеристики рассчитаны для ВЭМ при коэффициенте избытка окислителя $\alpha = 0.5$. Содержание металлического горючего составляет до 15 мас. %. В качестве

органического горючего связующего рассматривали инертный каучук СКДМ-80. Компонентные составы перспективных композиций ВЭМ приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Компонентные составы образцов ВЭМ

№ п/п	Содержание, мас. %							
	СКДМ-80	ПХА	НА	Al	B	AlB_2	AlB_{12}	TiB_2
A1	16.0	69.0	–	15.0	–	–	–	–
A2	10.8	74.2	–	–	15.0	–	–	–
A3	13.6	71.4	–	–	–	15.0	–	–
A4	11.8	73.2	–	–	–	–	15.0	–
A5	14.8	70.2	–	–	–	–	–	15.0
B1	13.9	21.3	49.8	15.0	–	–	–	–
B2	10.0	22.5	52.5	–	15.0	–	–	–
B3	11.8	21.9	51.3	–	–	15.0	–	–
B4	10.0	22.5	52.5	–	–	–	15.0	–
B5	13.0	21.6	50.4	–	–	–	–	15.0

Рассчитаны термодинамические характеристики ВЭМ на основе перхлората аммония (ПХА), а также смешанного окислителя, содержащего 30 мас. % ПХА и 70 мас. % нитрата аммония (НА).

Влияние природы металлического горючего оценивалось по изменению температуры (T, К) в камере сгорания, критическом сечении и выходном сечении, молекулярной массе газообразных продуктов сгорания ($M_{Мг}$, г/моль), а также удельному импульсу ($I_{уд}$, с), количеству и составу твердых продуктов сгорания (к-фаза, моль/кг).

В третьей главе представлена методика изготовления экспериментальных образцов исследуемых составов ВЭМ и зарядов ТГМ. Исследование процесса зажигания экспериментальных образцов лучистым потоком проводили на установке радиационного нагрева «Уран-1» (рис. 1).

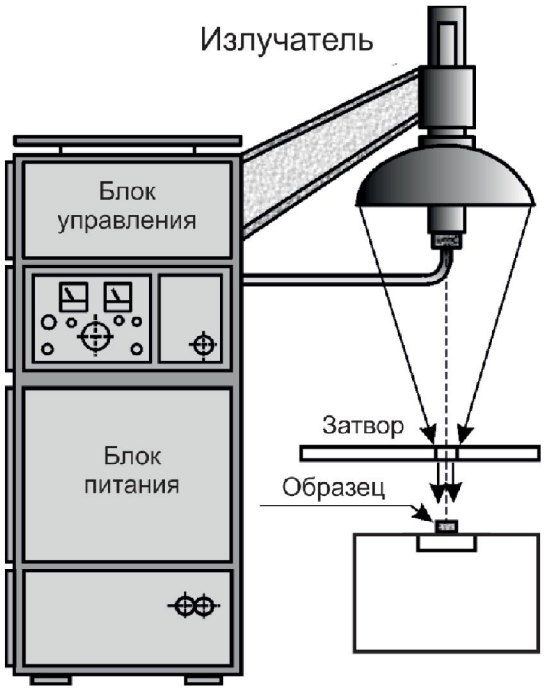


Рис. 1. Схема установки «Уран-1»

Измеряли время задержки зажигания в зависимости от интенсивности теплового потока. Интенсивность потока варьировали в диапазоне (14 ÷ 100) Вт/см^2.

По результатам определения времени задержки зажигания в зависимости от интенсивности теплового потока представлена методика и результаты расчета констант формальной химической кинетики процесса зажигания. Методика базируется на основных положениях квазистационарной теории зажигания [В.Н. Вилюнов].

Исследование процесса зажигания экспериментальных образцов осуществлялось с использованием установки лучистого нагрева на основе CO_2-лазера непрерывного действия с длиной волны излучения 10.6 мкм, максимальная мощность – до 200 Вт (рис. 2).

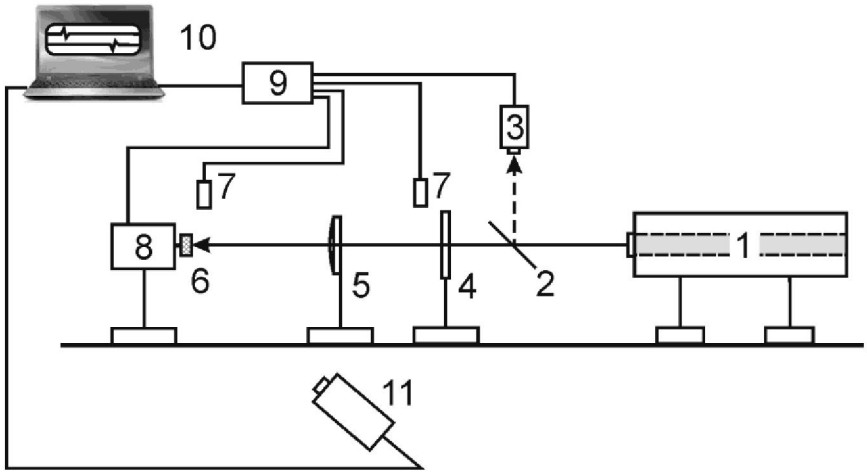


Рис. 2. Схема экспериментальной установки на основе CO_2-лазера:
1 – CO_2-лазер, 2 – полупрозрачное зеркало, 3 – измеритель мощности излучения, 4 – затвор, 5 – линза, 6 – экспериментальный образец, 7 – фотодиоды, 8 – измеритель реактивной силы, 9 – АЦП, 10 – ПК, 11 – видео (тепловизионная) камера

Зависимость скорости горения от внешнего давления является одной из основных характеристик процесса горения ВЭМ. Измерение скорости горения модельных составов проводили в камере постоянного давления в диапазоне $(0.1 \div 2.0)$ МПа и начальной температуре 295 K.. При давлении 0.1 МПа серия экспериментов проведена в воздушной среде. Кадры процесса горения, визуализированного при помощи фотокамеры NIKON D600 и тепловизора Fluke Ti25, приведены на рисунке 3.

Рис. 3. Визуализация процесса горения

Зажигание образца проводили с верхнего торца с помощью нагретой нихромовой спирали. Время горения образца фиксировали секундомером.

Измерение скорости горения ВЭМ при повышенных давлениях проводили на установке, включающей «бомбу постоянного давления» (стальной сосуд объемом 2.65 литра), баллон высокого давления с газом и баллон-ресивер. Образцы сжигались в инертной среде в бомбе постоянного давления. Зажигание образцов осуществлялось с помощью нихромовой спирали, которую помещали на торцевую поверхность образца. Скорость горения измеряли по видеозаписям процесса горения. Процесс горения регистрировался скоростной видеокамерой CITIUS IMAGING C100 CENTURIO (скорость видеосъемки – 1600 кадров в секунду). Для каждого состава было проведено не менее трех дублирующих опытов.

В четвертой главе представлены результаты теоретического анализа характеристик горения твердотопливного заряда в потоке газообразного окислителя. Представлена математическая модель и результаты расчетов параметров потока окислителя и скорости горения одноканального твердотопливного заряда ТГМ. Предложен способ оптимизации твердотопливного заряда ТГМ путем введения в состав ТГМ дополнительного твердого окислителя. При этом твердый окислитель необходимо распределять по длине заряда таким образом, чтобы уменьшающаяся по длине канала плотность потока окислителя компенсировалась введенным в состав твердотопливного заряда твердого окислителя. Приведены примеры оптимизации твердотопливного заряда, содержащего в качестве горючего связующего 85 % бутадиенового каучука и 15 % порошка алюминия, путем введения в его состав дополнительного твердого окислителя.

Разработан экспериментальный стенд, имеющий модульную конструкцию, для исследования процессов горения в модельном ГРД. Модульная конструкция стенда позволяет адаптировать его конфигурацию для проведения исследований в рамках решения конкретных задач. Экспериментальный стенд включает системы подачи и подогрева газа, системы контроля параметров газа и тягоизмерительный стенд с модельным двигателем. Принципиальная схема стенда приведена на рисунке 4.

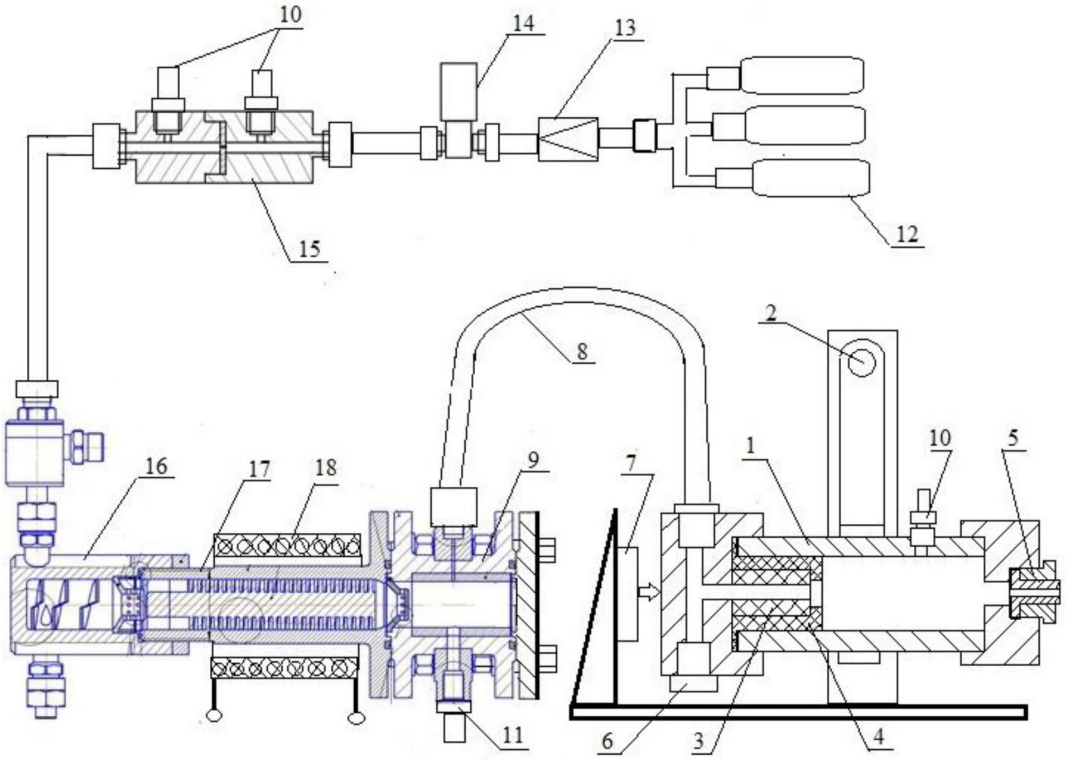


Рис. 4. Схема экспериментального стенда с подогревом воздуха:
1 – модельный двигатель, 2 – маятниковая подвеска тягоизмерительного стенда, 3 – исследуемый образец, 4 – контейнер для образца, 5 – сопло, 6, 10 – датчики давления, 7 – датчик тяги, 8 – гибкий металлический рукав, 9 – форкамера, 11 – датчик температуры, 12 – баллон с газом, 13 – редуктор, 14 – электропневмоклапан, 15 – дифференциальный расходомер, 16 – смеситель, 17 – печь для подогрева газа, 18 – индуктор

В заключении подведены основные итоги научно-исследовательской работы, а также сформулированы соответствующие результаты и выводы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

На основании анализа научно-технической литературы, посвященной экспериментально-теоретическим исследованиям рабочих процессов и разработке гибридных ракетных двигателей, можно сделать следующие выводы.

Гибридный ракетный двигатель с пространственно разделенными горючим и окислителем обладает рядом преимуществ по сравнению с классическими схемами ЖРД и РДТТ, что позволяет существенно повысить эффективность двигательной установки с ГРД для решения отдельных задач ракетно-космической техники.

Проведен термодинамический расчет основных характеристик новых перспективных составов ВЭМ и зарядов ТГМ. На основании анализа результатов расчетов получены оценки масштабов влияния введения металлического горючего в компонентный состав рассмотренных ВЭМ и зарядов ТГМ на энергетические характеристики – удельный импульс и адиабатическую температуру горения.

По результатам проведенного анализа выбраны и изготовлены образцы перспективных ВЭМ, содержащие в качестве металлических горючих порошки алюминия (Al), бора (B), диборида алюминия (AlB_2), полиборида алюминия (AlB_{12}) и диборида титана (TiB_2).

Проведен комплекс экспериментальных исследований по зажиганию и горению образцов ВЭМ и зарядов ТГМ. Определены основные характеристики зажигания и горения образцов ВЭМ и зарядов ТГМ на экспериментальных установках в зависимости от следующих условий:

источник воздействующего теплового потока; интенсивность воздействующего теплового потока; изменение давления в камере постоянного давления в диапазоне (0.1 ÷ 2.0) МПа.

Полученные в процессе экспериментального исследования значения времени задержки зажигания являются объективными данными для определения основных параметров формальной кинетики – энергии активации E и предэкспоненциального множителя z, – необходимых для расчета процесса зажигания ТГМ в гибридном ракетном двигателе.

Разработана математическая модель процесса горения ТГМ в потоке окислителя. Получены зависимости плотности потока окислителя и линейной скорости горения одноканального заряда ТГМ от длины канала для топливной композиции без дополнительного окислительного компонента. Выявлено, что в процессе горения заряда ТГМ плотность потока окислителя монотонно уменьшается по длине канала от начального значения на входе в канал до минимального на выходе из канала. При этом скорость горения также монотонно снижается. Это приводит к неравномерному выгоранию заряда ТГМ по его длине и снижению полноты сгорания и энерготяговых характеристик двигателя.

Предложен способ оптимизации характеристик гибридного ракетного двигателя "прямой схемы" путем введения в состав ТГМ дополнительного окислителя с заданным распределением по длине канала. Дополнительный окислитель необходимо распределять по длине заряда таким образом, чтобы уменьшающаяся по длине канала плотность потока окислителя компенсировалась введенным в состав твердотопливного заряда твердого окислителя. Получена аналитическая зависимость для определения распределения содержания окислителя, обеспечивающего равномерность и высокую полноту сгорания твердотопливного заряда.

Разработан комплекс экспериментальных установок и лабораторный макет ГРД. Представлены результаты отработки систем измерения основных характеристик рабочих процессов ГРД – температуры, давления и тяги двигателя.

Представлены результаты отработки комплекса экспериментальных установок для исследования зажигания и горения образцов ВЭМ и зарядов ТГМ в потоке нагретого воздуха и в смеси нагретого воздуха с продуктами горения твердотопливного газогенератора.

Список основных публикаций по теме научного доклада

1. **Золоторёв Н.Н.** Исследование энергетических характеристик металлизированных смесевых композиций на основе двойного окислителя при повышенных давлениях / Т.И. Горбенко, М.В. Горбенко, Е.О. Дюндин, Н.Н. Золоторёв // Известия вузов. Физика. – 2014. – Т. 57, № 5. – С. 45–50.
2. **Zolotorev N.N.** Study of the energy characteristics of metallized mixed compositions based on a binary oxidizer at increased pressures / T.I. Gorbenko, M.V. Gorbenko, E.O. Dyundin, N.N. Zolotorev // Russian Physics Journal. – 2014. – V. 57, № 5. – P. 615–620.
3. **Zolotorev N.** Effect of aluminum-boron powders mechanical mixtures on the combustion of high-energy materials at subatmospheric pressures / V. Arkhipov, L. Savel'eva, N. Zolotorev // MATEC Web of Conferences. – 2015. – V. 23, № 01005. – P. 1–4.
4. **Zolotorev N.** Analytical study of ultrasound influence on the molten metals atomization / A. Antonnikova, V. Arkhipov, V. Boiko, S. Basalaev, A. Konovalenko, N. Zolotorev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – V. 124, № 012044. – P. 1–5.

5. **Zolotorev N.** Dynamic regime of ignition of solid propellant / Zolotorev N., Kuznetsov V., Maslov E. // MATEC Web of Conferences. – 2016. – V. 72, № 01136. – P. 1–3.

6. **Zolotorev N.N.** About determining the wettability of coal surface / V.A. Arkhipov, S.A. Basalaev, N.N. Zolotorev, A.S. Usanina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2016. – V. 43, № 012076. – P. 1–8.

7. **Золоторев Н.Н.** Оптимизация твердотопливного заряда гибридной двигательной установки / В.А. Архипов, С.С. Бондарчук, А.С. Жуков, Н.Н. Золоторев // Ползуновский вестник. – 2016. – № 3. – С. 101–106.

8. **Zolotorev N.N.** Technique of the research of characteristics of ignition of the condensed systems to variables heat flux / N.N. Zolotorev, V.A. Arkhipov, E.A. Maslov // MATEC Web of Conferences. – 2017. – V. 92, № 01021. – P. 1–4.

9. **Zolotorev N.** An experimental study of flow over flat and axisymmetric bodies / E. Maslov, V. Faraponov, N. Zolotorev, A. Chupashev, V. Matskevich, S. Chizhov // MATEC Web of Conferences. – 2017. – V. 92, № 01056. – P. 1–6.

10. **Zolotorev N.N.** Dynamic ignition regime of condensed system by radiate heat flux / V.A. Arkhipov, N.N. Zolotorev, A.G. Korotkikh, V.T. Kuznetsov // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – V. 830, № 012136. – P. 1–9.

11. **Zolotorev N.N.** Ignition by laser radiation and combustion of composite solid propellants with bimetal powders / A.G. Korotkikh, V.A. Arkhipov, O.G. Glotov, N.N. Zolotorev // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – V. 830, № 012137. – P. 1–7.

12. **Zolotorev N.** Experimental study of flow around axisymmetric bodies in supersonic flow in case of a local injection into the boundary layer / E. Maslov, I. Zharova, E. Kozlov, V. Faraponov, N. Savkina, N. Zolotorev, V. Matskevich // MATEC Web of Conferences. – 2017. – V. 115, № 02012. – P. 1–4.

13. **Zolotorev N.** Experimental study of loss in stability of the drop shape in the approach air flow / N. Zolotorev, K. Perfilieva, S. Polenchuk // MATEC Web of Conferences. – 2017. – V. 110, № 01066. – P. 1–6.

14. **Zolotorev N.** Optimization of the stand for test of hybrid rocket engines of solid fuel / N. Zolotorev, V. Kuznetsov, A. Konovalenko // MATEC Web of Conferences. – 2017. – V. 110, № 01093. – P. 1–5.

15. **Золоторёв Н.Н.** Лазерная диагностика структуры факела распыла при диспергировании жидкости форсунками / В.А. Архипов, С.А. Басалаев, В.Ф. Трофимов, Н.Н. Золоторёв // Инженерно-физический журнал. – 2017. – Т. 90, № 6. – С. 1499–1505.

16. **Zolotorev N.N.** Laser diagnostics of the spray cone structure in liquid dispersion by sprayers / V.A. Arkhipov, S.A. Basalaev, V.F. Trofimov, N.N. Zolotorev // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2017. – V. 90, № 6. – C. 1427–1432.

17. **Золоторёв Н.Н.** Оптимизация характеристик гибридного ракетного двигателя прямой схемы / В.А. Архипов, С.С. Бондарчук, А.С. Жуков, Н.Н. Золоторёв, К.Г. Перфильева // Физика горения и взрыва. – 2017. – Т. 53, № 6. – С. 19–25.

18. **Zolotorev N.N.** Performance optimization of a standard-flow hybrid rocket motor / V.A. Arkhipov, S.S. Bondarchuk, A.S. Zhukov, N.N. Zolotorev, K.G. Perfil'eva // Combustion, Explosion, and Shock Waves. – 2017. – V. 53, № 6. – P. 634–640.

АНТИПЛАГИАТ
ТВОРИТЕ СОБСТВЕННЫМ УМОМ

Отчет о проверке на заимствования №1

Автор: turboxs000@rambler.ru / ID: 2622790
Проверяющий: (turboxs000@rambler.ru / ID: 2622790)

Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат»- http://www.antiplagiat.ru

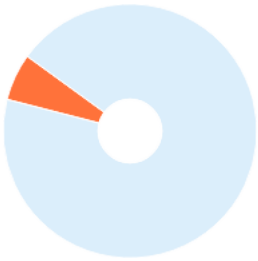
ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 16
Начало загрузки: 21.06.2018 14:53:32
Длительность загрузки: 00:00:01
Имя исходного файла: ND (Zolotorev_NN)
Размер текста: 4830 кБ
Символов в тексте: 19631
Слов в тексте: 2234
Число предложений: 147

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)
Начало проверки: 21.06.2018 14:53:34
Длительность проверки: 00:00:01
Комментарии: не указано
Модули поиска:

ЗАИМСТВОВАНИЯ	ЦИТИРОВАНИЯ	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ
5,64%	0%	94,36%



Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.
Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.
Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.
Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.
Заимствования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.
Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Ссылка	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте
[01]	1,97%	1,97%	Автореферат	http://tpu.ru	30 Ноя 2014	Модуль поиска Интернет	6	6
[02]	0%	1,71%	Влияние компонентного сос...	http://fizmathim.com	17 Мая 2016	Модуль поиска Интернет	0	4
[03]	1,2%	1,2%	Скачать	http://itp.nsc.ru	20 Авг 2017	Модуль поиска Интернет	2	2

Еще источников: 3
Еще заимствований: 2,48%

Поиск заимствований в научных текстах$^{\beta}$

(/index.php)

Введите текст:

...или загрузите файл:

Файл не выбран... **Выбрать файл...**

Укажите год публикации: 2018

Выберите коллекции

- **Все**
- **Рефераты**
- **Авторефераты**
- **Иностранные конференции**
- **PubMed**
- **Википедия**
- **Российские конференции**
- **Иностранные журналы**
- **Российские журналы**
- **Энциклопедии**
- **Англоязычная википедия**

Анализировать

Проверить по расширенному списку коллекций системы Руконтекст (http://text.rucont.ru/like)

Обработан файл:
ND (Zolotorev_NN).PDF.

Год публикации: 2018.

Оценка оригинальности документа - 96.81%

Процент условно корректных заимствований - 0.0%

Процент некорректных заимствований - 3.19%

Просмотр заимствований в документе

Время выполнения: 13 с.

Документы из базы

Источники

Источники заимствования	В списке литературы	Заимствования
1. Влияние компонентного состава на характеристики горения высокоэнергетических материалов (http://dlib.rsl.ru/loader/view/01005045585?get=pdf) Авторы: Пестерев, Алексей Викторович. Год публикации: 2012. Тип публикации: автореферат диссертации. http://dlib.rsl.ru/loader/view/01005045585?get=pdf (http://dlib.rsl.ru/loader/view/01005045585?get=pdf) Показать заимствования (3)		3.19%

Дополнительно

Значимые оригинальные фрагменты