

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель  
генерального директора-  
генеральный конструктор  
председатель секции НИОКР НТС

АО «РКЦ «Прогресс»

доктор технических наук



Равиль Нургалиевич

Ахметов\*

2018 г.

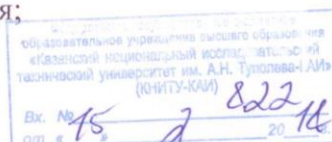
## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы А.Г. Будина  
«Интенсификация горения полимерного блока гибридного ракетного  
двигателя электростатическим полем» представленной на соискание ученой  
степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые,  
электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Актуальность темы диссертации

Для снижения стоимости выведения грузов в космос требуются  
повышение экономичности, удельных тяговых характеристик и надежности  
ракетных двигателей. Для достижения этих целей наряду с хорошо  
зарекомендовавшими себя и используемыми в настоящее время ракетными  
двигателями исследуются, в том числе и гибридные ракетные двигатели  
(ГРД) обладающие рядом ценных свойств:

- простотой и надежностью;
- взрывобезопасностью на этапах изготовления и эксплуатации;
- экологической чистотой продуктов сгорания;



– возможностью регулирования тяги и многократного включения.

Компонентами гибридных ракетных топлив могут являться практически все горючие вещества и окислители.

В ГРД прямой схемы используются твердое горючее и жидкий окислитель, обеспечивающие наиболее высокий удельный импульс. Размеры гибридных ДУ прямой схемы меньше размеров ДУ с ЖРД.

Несмотря на эти достоинства, применение гибридных ракетных двигателей до последнего времени сдерживалось не в последнюю очередь тем обстоятельством, что по показателям экономичности (удельный импульс) они не выглядели достойными соперниками ЖРД.

В рабочем процессе ГРД реализуется гетерогенное горение полимерного блока в потоке окислителя. Однако данным двигателям присущ ряд отрицательных сторон реализующихся при гетерогенном горении: низкая полнота сгорания, низкая скорость горения конденсированного компонента. Одним из перспективных способов улучшающих процесс горения является организация процесса горения в электростатическом поле. Взаимодействие плазмы компонентов в камере сгорания с электростатическим полем способствует интенсификации скорости горения в ГРД. Интенсификация горения приводит к более полному сгоранию и более высокой скорости горения твердого горючего, приводя в свою очередь к увеличению расхода топлива при том же количестве окислителя и уменьшению газовой постоянной продуктов сгорания, что в сумме приводит к увеличению тяги и удельного импульса ракетного двигателя. С этой точки зрения представляет интерес исследование механизмов влияния электростатического поля на процесс взаимодействия и горения компонентов топлива в ГРД.

В связи с актуальностью **целью работы** выбрано изучение влияния электростатического поля на скорость гетерогенного горения твердого компонента топлива в ГРД.

Для достижения поставленной цели автором проведены конструкторские и экспериментальные работы, в результате которых создан

экспериментальный стенд и методики исследования гетерогенного горения стендового ГРД, на основе которых проведены исследования характеристик горения в электростатическом поле. Полученные следующие результаты обладающие научной новизной:

1. Экспериментально исследована скорость горения пиролизирующихся (ПММА) и плавящихся (полиамид б) полимеров при воздействии электростатического поля.

2. Экспериментально установлено, что скорость выгорания полимеров при воздействии электростатического поля увеличивается и выявлена закономерность этого увеличения.

3. Установлено также, что при воздействии электростатического поля в продуктах сгорания повышается доля  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  что свидетельствует о более полном сгорании топлива.

3. С учетом вышеприведенного экспериментально показано увеличение тяги и расходного комплекса камеры сгорания ГРД.

Практическая значимость полученных результатов заключается в следующем:


Предложенный электрополевой способ управления ГРД позволяет регулировать скорость горения твердого компонента топлива (с глубиной управления до 31%) и тягу двигателя (с глубиной управления до 21%) при неизменном расходе окислителя. С учетом минимальных затрат на создание электростатического поля, способ позволяет сократить: расход окислителя, требуемый для увеличения тяги ГРД, длину твердотопливного блока (ввиду увеличенной скорости горения); а также расширить концентрационные пределы горения для ГРД.

В качестве замечания можно отметить, то, что в автореферате не нашли отражения вопросы связанные с влиянием структуры и теплофизических характеристик твердого горючего на скорость горения.

Данное замечание не влияет на общую положительную оценку диссертационной работы, которая выполнена на высоком научно-

техническом уровне. Как следует из содержания автореферата, данная работа соответствует квалификационным требованиям предъявляемых ВАК РФ, к кандидатским диссертациям, а ее автор, Будин Артемий Геннадьевич, заслуживает присуждению ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Заместитель генерального  
конструктора по научной работе,  
кандидат технических наук



Евгений Владимирович  
Космодемьянский\*\*

Начальник отдела  
двигательных установок  
космических аппаратов



Владимир Евгеньевич  
Казakov\*\*\*

\* - ул. Земеца, д.18, г. Самара, 443009; тел. 8(846) 955-06-74; e-mail: Ahmetov@samspace.ru

\*\* - ул. Земеца, д.18, г. Самара, 443009; тел. 8(846) 228-152-10;  
e-mail:1060\_kosmodemyanskii@samspace.ru

\*\*\* - ул. Земеца, д.18, г. Самара, 443009; тел. 8(846) 992-66-38; e-mail: d1697@samspace.ru