

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
ФГУП ФЦСТ «Союз», д.т.н., профессор
С.А. Гусев

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

Развитие ракетной техники определяется ужесточающимися требованиями к энергетическим и массовым характеристикам силовых установок, в качестве которых применяются, в основном, твердотопливные (РДТТ) и жидкостные (ЖРД) ракетные двигатели. Энергетические и массовые характеристики РДТТ и ЖРД близки к своим предельным значениям. В этих условиях одним из перспективных направлений развития ракетной техники представляется использование гибридных ракетных двигателей (ГРД), обладающих, с одной стороны, достоинствами РДТТ и ЖРД, с другой стороны, позволяющих повысить энергетические характеристики двигательной установки за счет применения твердотопливного заряда, горящего в потоке распыленного жидкого или газообразного окислителя.

По сравнению с ЖРД гибридный двигатель обладает преимуществом простоты конструкции, по сравнению с РДТТ – повышенными значениями удельного импульса тяги, возможностью осуществлять регулирование тяги и многократное включение двигателя.

В связи с этим тема диссертационной работы Н.Н. Золоторёва, посвященная исследованию рабочих процессов в гибридном ракетном двигателе прямой схемы, несомненно, актуальна.

Новизна работы заключается в комплексном подходе к исследованиям материалов и внутрикамерных процессов в ГРД, включающем:

- анализ перспективных высокоэнергетических твердых горючих материалов (ТГМ) методами равновесной термодинамики;
- экспериментальное исследование основных характеристик воспламенения и горения высокоэнергетических материалов и зарядов

ТГМ по авторским методикам на разработанных с участием автора лабораторных стендах;

- изучение процесса распыливания жидкого окислителя на модифицированных автором установках лазерной диагностики;
- разработка математической модели горения и выработка предложений по оптимизации заряда ТГМ.

Практическое и научное значение имеют результаты работы по определению кинетических констант воспламенения и горения высокоэнергетических борсодержащих материалов, используемых в современных ракетных двигателях различных типов (включая прямоточные воздушно-реактивные двигатели). Разработанные автором в рамках диссертационной работы экспериментальные методики и полученные результаты исследований внутрикамерных процессов будут полезны на этапах проектно-конструкторских работ и наземной отработки натурных гибридных ракетных двигателей .

Достоверность экспериментальных данных, представленных в диссертации, подтверждается анализом характеристик точности используемого оборудования и выполняемых измерений.

Автореферат написан грамотным научным языком, экспериментальные данные обработаны с использованием элементов математической статистики.

В качестве замечаний по содержанию автореферата можно отметить:

1. На рисунке 4 (стр. 12) экспериментальные зависимости существенно расходятся при малых значениях теплового потока. Время задержки зажигания достигает 2,5 – 10 с. При увеличении теплового потока экспериментальные значения времени зажигания при действии постоянного и возрастающего теплового потока сближаются. Отсюда следует, что времена задержки зажигания (воспламенения), реализуемые в РДТТ (тысячные и сотые доли секунды), практически не будут зависеть от характера изменения теплового потока.

2. Неясно, каким образом представленная в главе 5 математическая модель учитывает горение смеси окислитель-горючее в канале заряда и влияние его на скорость уноса ТГМ. В этой связи зависимости, представленные на рис. 11 (стр. 16), требуют дополнительного обоснования. Имеющийся опыт показывает, что разгар канала происходит неравномерно по длине, и в зависимости от условий скорость разгара может быть максимальной как в средней части канала, так и на выходе из него, что противоречит данным рис. 11. Из автореферата неясно, проводились ли какие-либо экспериментальные исследования в этом направлении или выводы делаются только на основании расчетов по предлагаемой модели.

3. Предложенный способ оптимизации заряда ТГМ, предполагающий распределение окислителя в топливе по длине заряда, при современном уровне технологии изготовления зарядов практически нереализуем.

Приведенные выше замечания не снижают практической значимости диссертационной работы. В целом диссертация выполнена на высоком научном уровне, посвящена актуальной теме, отличается новизной результатов, является законченным научным трудом и отражает квалификационную зрелость автора. Работа по объему выполненных исследований и полноте публикаций соответствует требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а автор работы, Золоторёв Николай Николаевич, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Начальник лаборатории
Федерального государственного
унитарного предприятия
«Федеральный центр
двойных технологий «Союз»

А.В. Федорычев

Федеральное государственное
унитарное предприятие
«Федеральный центр
двойных технологий «Союз»
140090, Московская область, г.
Дзержинский, ул. академика
Жукова, д. 42,
тел. 8 (495) 551-71-78

Подпись Александра Васильевича Федорычева заверяю:
Ученый секретарь ФГУП «ФЦДТ «Союз»,
кандидат химических наук

М.М. Кириенко

Я, Федорычев Александр Васильевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Золоторёва Николая Николаевича, и их дальнейшую обработку.