



Акционерное общество
«Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»
[АО «НПО Лавочкина»]

Ленинградская ул., д. 24, г. Химки, Московская область, 141402, ОГРН 1175029009363, ИНН 5047196566
тел.: +7 (495) 573-56-75, факс: +7 (495) 573-35-95, e-mail: npol@laspace.ru, www.laspace.ru

25 НОЯ 2025

«___» _____ 20 __ г.

№

533/91

На №

от

Учёному секретарю
Диссертационного совета
24.2.327.08

ФГБОУ «Московский авиационный
институт (национальный
исследовательский университет)»
доктору физико-математических
наук

В.Ю. Гидаспову

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д.4

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Цырендоржиева Эрдэни Сергеевича на тему «Моделирование рабочих процессов в камере сгорания термokatалитических жидкостных ракетных двигателей малой тяги», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. «Механика жидкости, газа и плазмы».

Диссертационная работа Э.С. Цырендоржиева посвящена решению актуального вопроса выбора достоверных значений проектных параметров конструкции термokatалитического жидкостного ракетного двигателя малой тяги путём использования разработанной в диссертационной работе комплексной методики численного моделирования теплового состояния

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«20» 11 2025 г.

термокаталитического двигателя, что позволяет избежать дорогостоящих отработочных натурных испытаний, гарантируя при этом высокую надёжность проектируемых изделий при заданном эксплуатационном ресурсе.

Научная новизна

В автореферате диссертационной работы Э.С. Цырендоржиева представлен состав работы в виде четырёх глав и краткая характеристика содержания каждой главы. В первой главе диссертационной работы представлен обзор литературы по фильтрационному горению, его особенностям и методам математического моделирования. Обсуждаются полученные другими исследователями результаты и формулируются положения для предстоящего исследования. Во второй главе представлена разработанная соискателем физико-математическая модель фильтрационного горения в реакторе термокаталитического жидкостного ракетного двигателя малой тяги на основе применения системы дифференциальных уравнений сохранения энергии, момента импульса и массы с учётом тепло- и массообменных процессов и химических реакций. В этой же главе рассмотрены численные методы решения уравнений физико-математической модели и приводятся результаты сравнительных расчётов с результатами других исследователей. В третьей и четвертой главе соискатель проводит численные эксперименты, нацеленные на получение аппроксимирующих зависимостей, связывающих положение фронта максимальной температуры продуктов разложения топлива с диапазонами изменений значений таких параметров работы двигателя, как, например, расход топлива, начальная температура каталитического пакета, циклограмма работы двигателя и пористость каталитического пакета, представленных в безразмерном виде. При этом результаты численного эксперимента, представленного в рамках главы 4, сравниваются с экспериментальными данными.

Достоверность

Достоверность представленных в работе результатов расчётов, полученных с использованием представленных в работе физико-

математических моделей и численных методов, обеспечивается применением фундаментальных уравнений сохранения энергии, момента импульса и неразрывности, применением фундаментальных уравнений тепло-и массообмена и химической кинетики и подтверждается удовлетворительным совпадением этих результатов с опробованными данными работ других исследователей в области математического моделирования процесса фильтрационного горения, а также с результатами экспериментов по отработке термokatалитических двигателей на жидком монотопливе.

Практическая значимость

Практическая ценность работы заключается в сокращении сроков проектирования новых жидкостных ракетных двигателей малой тяги термokatалитического типа, в сокращении объёма наземной экспериментальной отработки двигателей и повышении надёжности двигателей вследствие формирования условий расчётного протекания тепло- и массообменных процессов в каталитическом реакторе двигателя.

Апробация

Основные результаты работы были представлены на всероссийских конференциях, таких как:

- Восьмая Российская национальная конференция по теплообмену (г. Москва, 17-22 октября 2022 г.);
- конференция молодых учёных и специалистов АО ГНЦ «Центр Келдыша»;
- XXIV школа-семинар молодых учёных и специалистов под руководством академика РАН А. И. Леонтьева, посвящённая столетию академика В. Е. Алемасова (г. Казань, 22-27 мая 2023 г.);
- II ежегодная научно-техническая конференция молодых учёных и специалистов предприятий госкорпорации Роскосмос (г. Москва, 20-21 ноября 2023 г.);
- II Всероссийская школа-семинар Национального центра физики и математики и Института теоретической и математической физики РФЯЦ-ВНИИЭФ для студентов и специалистов в области математического

моделирования на супер-ЭВМ экса- и зеттафлопсной производительности (25-29 сентября 2023 г.);

- международная конференция «Теоретические и прикладные задачи конвективного тепломассопереноса» (13-15 декабря 2023 г.) изложены в 4 ч, в том числе в 4х публикациях из списка ВАК по специальности 1.1.9. «Механика жидкости, газа и плазмы».

Также в рамках работ было получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Программа расчёта параметров фильтрационного горения в камере сгорания ЖРДМТ» от 15.08.2023 №2023667463.

Замечания

По тексту автореферата необходимо сделать следующие замечания:

1. Из текста автореферата не всегда ясно, о чём идёт речь: или о фронте разложения монотоплива, или о фронте максимальной температуры межпорового газа, или о фронте максимальной температуры каталитического пакета.
2. Объяснение существования выявленного при выполнении работы значения «критического массового расхода топлива, при превышении которого дополнительное тепло не успевает поглощаться пористой структурой заданной геометрии», только усилением конвективного теплообмена с истекающими продуктами разложения представляется неубедительным, т.к. не учитывает, например, таких факторов, как скорость происходящих химических реакций, пористость засыпки катализатора и отношения массы катализатора к массе поступающего в реактор топлива.
3. Текст автореферата не содержит блок-схемы программного обеспечения численного моделирования теплового состояния термokatалитического ЖРД, что не позволяет объективно судить о том, насколько качественно подготовлена компьютерная модель двигателя.

В заключение следует отметить, что, несмотря на сделанные по тексту автореферата замечания, диссертационная работа Эрдэни Сергеевича Цырендоржиева на тему «Моделирование рабочих процессов в камере сгорания термokatалитических жидкостных ракетных двигателей малой тяги» является актуальной и законченной научно-квалификационной работой, результаты которой имеют существенное значение для развития исследований в области механики жидкости и газа. Она соответствует критериям п.п. 9-14 Положения ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Кандидат технических наук по специальности 2.5.15 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», ведущий инженер-конструктор отдела «Двигательные установки» АО «НПО Лавочкина»



Александров

Лев Григорьевич

«24» ноября 2025 г.

Персональные данные и подпись Л.Г. Александрова заверяю:

141402, Московская область, г.о. Химки, ул. Ленинградская д.24, АО «Научно-производственное объединение имени С.А. Лавочкина».

Тел. 8-495-575-57-60

e-mail: aia@laspace.ru

Заместитель генерального директора
по персоналу и общим вопросам



 И.В. Шолохова