

Яновский Л.С., Разносчиков В.В., Лемперт Д.Б., Аверьков Игорь Сергеевич, Казаков А.И., Волкова Н.Н., Пучковский И.В., Жолудев А.Ф., Самойленко Н.Г., Шатунова Е.Н., Кислов М.Б., Стольников А.М., Потаенко В.И.

**СОЗДАНИЕ НОВОЙ КОМПОНЕНТНОЙ ОСНОВЫ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ В
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА
ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
С ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ**

Лаборатория горения в высокоскоростных потоках

Лаборатория кинетической калориметрии

Лаборатория термодинамики высокотемпературных процессов

В настоящее время в России и других странах активно ведутся исследования по созданию перспективных летательных аппаратов (ЛА), использующих воздушно-реактивный двигатель (ВРД) на твердых топливах. Одной из ключевых проблем создания ЛА является повышение дальности полета. Проблема может решаться путем улучшения энергетических показателей топлив, что требует проведения фундаментально-поисковых исследований по созданию новой компонентной основы топлив, и это определяет основную задачу настоящей работы.

Выполненная работа опирается на разработанную авторами методологию, включающую ряд этапов: формирование базы данных компонентов и синтез новых веществ, расчетные исследования по выбору наиболее перспективных компонентов, лабораторные исследования физико-химических, эксплуатационных и термических характеристик компонентов и композиций на их основе, разработку математических моделей по горению, исследования по формированию оптимальной рецептуры топлива по критерию эффективности ЛА с учетом теплового состояния топливной композиции, а также исследования модельных образцов топлива на стендовом газогенераторе с подтверждением характеристик горения.

Для оценки эффективности применения новых топлив в системе ЛА разработана методическая база и программный комплекс, включающий совокупность математических моделей, описывающих термодинамику топливной композиции, физико-химические процессы в газогенераторе и двигателе, газодинамику и аэродинамику, объемно-массовую компоновку ЛА, динамику полета, оценку теплового состояния топлив в составе ЛА и др.

Решением проблемы учета большого массива неупорядоченных экспериментальных данных стала разработка математических моделей на основе искусственного интеллекта (нейросетей). Эти модели обеспечивают оценку характеристик горения новых составов.

Для поиска наиболее перспективных компонентов разработана программа «Композиция», позволяющая в оптимизационной постановке формировать оптимальные составы из более чем 100 компонентов. Для планирования экспериментов на стендовом газогенераторе и анализа полученных данных разработана программа «Стенд СП-15». На данные программы получены свидетельства о государственной регистрации [1, 2].

По результатам численных расчетов получено эмпирическое соотношение для оценки оптимального значения коэффициента избытка воздуха в двигателе в зависимости от стехиометрического соотношения топлива с воздухом. Изучен характер влияния диссоциации продуктов сгорания в камере ВРД на удельный импульс двигателя.

Синтезированы новые энергоемкие компоненты, выполнен их термодинамический анализ, изучены их термостабильность и чувствительность. Впервые установлена корреляция между чувствительностью и критической температурой самовоспламенения, предложено корреляционное соотношение для оценки чувствительности веществ. Выполнены расчеты теплового состояния новых топливных композиций в составе ЛА. Показано, что изученные составы удовлетворяют требованиям по термостабильности.

По результатам оптимизационных исследований с учетом созданной базы данных по горению различных композиций сформированы и предложены два состава твердых топлив – борсодержащего и неметаллизированного, которые обеспечивают прирост дальности полета ЛА на 5 – 7%. На данные композиции получены свидетельства (РИД «ноу-хау»).

Отобранные в ходе исследования перспективные компоненты имеют практическое применение в специализированных организациях (ФЦДТ «Союз», ЦИАМ). Разработанная методическая база и расчетные программы внедрены в учебный процесс МГТУ им. Н.Э. Баумана.

ССЫЛКИ

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025689745 «Моделирование и оптимизация топливных композиций» («КОМПОЗИЦИЯ») от 30 октября 2025 г. Правообладатель ФИЦ ПХФ и МХ РАН.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025688730 «Имитационное моделирование стендового газогенератора СП-15» («Стенд СП-15») от 22 октября 2025 г. Правообладатель ФИЦ ПХФ и МХ РАН.