



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»  
(ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»)

Вадковский пер., д. 1, Москва, ГСП-4, 127994. Тел.: (499) 973-30-76. Факс: (499) 973-38-85  
E-mail: [rector@stankin.ru](mailto:rector@stankin.ru)

09.12.2022 № 100-1/2022

Председателю диссертационного  
совета 24.2.327.06 на базе  
Московского авиационного института  
(национального исследовательского  
университета)», д.т.н., профессору

Равиковичу Ю.А.

Уважаемый Юрий Александрович!

Высылаю отзыв официального оппонента Колодяжного Д.Ю. на диссертационную работу на тему: «Формирование дисперсных потоков для процессов смесеобразования в камерах сгорания ВРД», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. — «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Приложение: отзыв в двух экземплярах на 5-ти листах каждый.

С уважением,

Проректор по научной деятельности  
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»,  
доктор технических наук



Д.Ю. Колодяжный

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

12 12 2022

### **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Кучерова Никиты Александровича на тему «Формирование дисперсных потоков для процессов смесеобразования в камерах сгорания ВРД», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

#### **Актуальность темы диссертационной работы**

В настоящее время в рамках исследований направленных на совершенствование перспективных воздушно-реактивных двигателей имеет место задача повышения коэффициента полноты сгорания топлива. Значительное влияние на процесс горения имеет качество подготовки топливной смеси, т.е. дисперсные характеристики распыленной жидкости и её концентрация. Одним из способов диспергирования жидкости является использование воздуха. Для этого жидкое топливо и воздух предварительно смешиваются, а затем распыляются через форсунки. При этом в зависимости от объёмной доли газовой фазы (воздуха) такие смеси разделяются на пузырьковые и газокапельные. Диспергирование пузырьковых и газокапельных потоков имеет принципиально разный механизм. Математическое моделирование таких процессов является сложным и требует значительных вычислительных мощностей. Поэтому проведение экспериментальных исследований в данной области является актуальным.

#### **Оценка структуры и содержания диссертационной работы**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 128 страницах машинописного текста, содержит 16 таблиц, 154 рисунка.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, сформулирована цель, задачи, определены объект и предмет исследования, выделена научная новизна, практическая ценность работы, положения, выносимые на защиты, кратко описывается структура работы.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«12» 12 2022



В первой главе приведен обзор моделей прогнозирования коэффициента расхода и среднего диаметра распыла потока пузырьковой структуры.

Во второй главе описана схема экспериментального стенда и методы диагностики параметров двухфазного потока.

В третьей главе приведены результаты экспериментального исследования смесителя форсажной камеры ВРД с газокапельной структурой потока.

В четвертой главе изложены результаты экспериментального исследования потока пузырьковой структуры и получены модели расчета.

В пятой главе представлена методика расчёта двухфазного пузырькового смесителя.

В заключении сформулированы основные результаты данной работы.

Структура и содержание работы дают достаточно полное представление о результатах проведенных исследований. Применяемая автором научная терминология соответствует требованиям общепринятой в рассматриваемой предметной области.

### **Научная новизна полученных результатов**

Научная новизна заключается в следующем:

1) Впервые было проведено комплексное исследование процесса распыла двухфазного потока в смесителе (карбюраторе) форсажной камеры сгорания ВРД с использованием лазерно-оптических и зондовых методов, позволившее установить газокапельную структуру потока, получить поля скоростей фаз и распределения диаметров капель в факеле распыла, а также поля статического давления и концентрации вдоль оси устройства;

2) На основе полученных данных удалось установить возрастающее поле статического давления вдоль оси устройства приводящее к неравномерным полям скорости и концентрации в факеле распыла, и дать рекомендации по улучшению устройства;

3) Коррекция моделей прогнозирования коэффициента расхода и среднего диаметра Заутера на экспериментальных данных, полученных в широком диапазоне входных параметров, значительно улучшило их точность.

В результате приведённых исследований был получен значительный фактологический материал, касающийся работы двухфазных смесительных устройств. В частности было проведено исследование диспергирования пузырькового потока в широком диапазоне варьирования определяющих процесс параметров, что позволило обучить модели прогнозирования

коэффициента расхода и среднего диаметра Заутера. Также в данной работе впервые было проведено экспериментальное исследование многофорсуночного смесительного устройства (карбюратора) форсажной камеры с использованием комбинации лазерно-оптических и зондовых методов, что позволило раскрыть физику работы данного устройства, определить наличие проблем, препятствующих формированию равномерной топливной смеси и предложить рекомендации по его улучшению.

### **Практическая значимость исследований**

Практическая ценность работы состоит в получении новых экспериментальных данных диспергирования потоков газочапельной и пузырьковой структуры и создании на этой основе корреляционного уравнения прогнозирования параметров исходного пузырькового потока при задании значения среднего диаметра Заутера, а также определения коэффициента расхода.

Разработка диспергирующих устройств камер сгорания воздушно-реактивных двигателей в значительной степени опирается на данные экспериментальных исследований. Поэтому фактологический материал, собранный в рамках данной работы, и предложенные корреляционные модели вносят существенный вклад в существующий научно-технический базис.

### **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность результатов экспериментов обеспечена использованием лазерно-оптических методов измерения. При обучении моделей прогнозирования достоверность обеспечивалась соблюдением соответствующей методологии.

Выводы и рекомендации, представленные в работе, сделаны на основании фактического материала и его анализа при проведении теоретических и экспериментальных исследований.

Все утверждения в диссертации являются точными, они тщательно и полностью обоснованы данными экспериментов.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, достаточно обоснованы, достоверны и содержат научную новизну.



## **Соответствие содержания диссертации и автореферату и указанной специальности**

Содержание и полученные результаты диссертационной работы соответствуют паспорту научной специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Автореферат диссертации полностью отражает ее основное содержание.

## **Апробация работы и публикации**

Диссертация прошла достаточную апробацию на различных научно-технических конференциях, по результатам исследований опубликовано 9 печатных работ, которые достаточно полно отражают результаты выполненных исследований в диссертации и соответствуют требованиям ВАК.

Результаты, полученные в рамках работы над диссертацией представлялись и обсуждались на следующих конференциях: «XXII Международная конференция по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2021). Москва, 2021.; V Международная научно-практическая конференция. Уфа, 2021; XXVII Международная научная конференция. Международная Объединенная Академия Наук. Екатеринбург, 2021; XIII Международная конференция по прикладной математике и механике в аэрокосмической отрасли (АММАГ'2020). Москва, 2020; XXI Международная конференция по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2019). 2019; XLIV Международная молодежная научная конференция Гагаринские чтения – 2018. Москва, 2018.

## **Отмеченные замечания**

По тексту диссертации и автореферата имеются следующие замечания:

- 1) При описании актуальности работы автор не конкретизирует вклад процессов диспергирования топлива в улучшение камер сгорания;
- 2) Из шести режимов исследования карбюратора комплексному исследованию подверглись только 2;
- 3) Задача идентификации для моделей прогнозирования решалась только в узком смысле.

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, не затрагивают существа научных положений диссертации и не отрицают основных выводов, сформулированных в работе.

## Общее заключение

Диссертационная работа Кучерова Н.А., представленная к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. Все сформулированные в работе задачи были автором успешно решены, а полученные результаты – достоверны. Автореферат и опубликованные работы корректно отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Диссертационная работа «Формирование дисперсных потоков для процессов смесеобразования в камерах сгорания ВРД» соответствует требованиям, предъявляемым ВАК при Минобрнауки России, а её автор Кучеров Н.А. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Официальный оппонент –  
Проректор по научной деятельности  
ФГБОУ ВО «Московский государственный  
технологический университет «СТАНКИН»,  
доктор технических наук

  
Колодяжный Дмитрий Юрьевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Московский государственный технологический  
университет «СТАНКИН»  
127994, г. Москва, Вадковский пер., д.1  
Тел: +7(499)973-39-17  
E-mail: science@stankin.ru

Подпись руки Колодяжного Д. Ю. удостоверяю  
УД ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

*ведущий специалист*

*Корманова М. В.* 09.12.2022

*С ознакомлением 12.12.2022*  
*Кучер*  
*Кучеров Н. А.*