

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана»
(национальный исследовательский университет)
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
тел. +7 (499) 263-63-91 факс +7 (499) 267-48-44
bmstu.ru bauman@bmstu.ru
ОГРН 1027739051779
ИНН 7701002520 КПП 770101001

На № 08.12.2022 от № 04.09-106

Председателю
диссертационного совета
24.2.327.06 на базе
«Московского авиационного
института (национального
исследовательского
университета)»

д.т.н., профессору
Ю.А. Равиковичу

125993, г. Москва,
Волоколамское шоссе, д. 4

Сопроводительное письмо к отзыву
на диссертацию

Уважаемый Юрий Александрович!

Высылаю отзыв ведущей организации МГТУ им. Н.Э. Баумана 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 на 6 л. в 2 экз.

Проректор по науке и цифровому
развитию МГТУ им. Н.Э. Баумана,
д.э.н., профессор

Васильев Николай Викторович
+7 (499) 2657842
nikvikvas@bmstu.ru

П.А. Дроговоз

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«12» 12 2022г.

Утверждаю:

Проректор по науке и цифровому развитию
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»



д.т.н., профессор П.А. Дроговоз

12 2022 г.

Отзыв

ведущей организации на диссертационную работу
Кучерова Никиты Александровича

«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

Диссертационная работа Кучерова Никиты Александровича посвящена экспериментальному исследованию формирования и диспергирования двухфазных потоков применительно к камерам сгорания воздушно-реактивных двигателей. Развитие авиационных двигателей неразрывно связано с совершенствованием организации протекающих в них физических процессов. В частности это касается подготовки топливо-воздушной смеси в основных и форсажных камерах сгорания ВРД. Одним из возможных способов создания топливовоздушной смеси, обладающей требуемыми дисперсными характеристиками, является использование двухфазных потоков. Вместе с тем такое решение влечёт за собой необходимость расчёта подобных устройств, что упирается в ряд проблем, связанных со сложностью полноценного численного моделирования подобных устройств, а также его недостаточной достоверностью. Поэтому в настоящее время проектирование подобных устройств в значительной степени опирается на экспериментальные исследования. Таким образом, их проведение, направленное на расширение существующего научно-технического задела, несомненно, является актуальным.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

12 12 2022

Научная новизна

1. Проведено комплексное исследование процесса распыла двухфазного потока в модели смесителя (карбюратора) форсажной камеры сгорания ВРД с использованием лазерно-оптических и зондовых методов, позволившее установить газочапельную 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. На основе экспериментального материала, полученного при исследовании диспергирования пузырькового в широком диапазоне входных параметров потока, созданы простые модели, позволившие скорректировать модели прогнозирования коэффициента расхода и среднего диаметра Заутера и значительно увеличить их точность.

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

Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из пяти глав, заключения и списка литературы (54 наименования). Работа изложена на 128 страницах машинописного текста, содержит 154 рисунка и 16 таблиц.

Во введении автором представлена краткая характеристика работы, обоснована её актуальность и научная новизна, показана практическая ценность. Сформулированы цели и задачи диссертационного исследования.

В первой главе автором проведён обзор существующих моделей прогнозирования параметров истечения двухфазного потока (коэффициентов расхода – раздел 1.1, среднего диаметра капель – раздел 1.2).

Во второй главе описана экспериментальная установка, включающая стенд, предназначенный для создания двухфазных потоков на необходимых режимных параметрах, а также систему современных лазерно-оптических методов измерения параметров распыливаемой жидкости. Также достаточно

подробно представлены сами методы (PIV и теневой метод фирмы La Vision) и технология проведения эксперимента.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования многофорсуночного смесительного устройства (карбюратора) форсажной камеры сгорания. В результате комплексного исследования с использованием совместного применения лазерно-оптических и зондовых методов были получены поля скоростей капель и их дисперсные характеристики в факеле распыла, а также рассчитаны профили скоростного напора и концентрации фаз. При анализе полученных результатов были обнаружены крайне неравномерные поля скоростей и концентрации, образующиеся в результате диспергирования двухфазного потока, что не соответствует требованиям, предъявляемым к данному устройству. Причиной такого поведения потока является неравномерное поле статического давления по длине устройства. На основании полученных данных автор рекомендует способ профилирования данного устройства для устранения обнаруженного недостатка.

В четвёртой главе исследовался процесс диспергирования пузырькового потока. В отличие от предыдущей главы данное исследование имело более общую задачу, а именно создание достаточно простых моделей прогнозирования коэффициента расхода и среднего диаметра Заутера, пригодных для инженерной практики. Данные параметры являются функциями трёх предикторов: массовой концентрации воздуха, перепада давления на форсунке и её диаметра. В результате анализа, проведённого в первом разделе, автором были выбраны наиболее совершенные модели в качестве опорных. Данные модели были апробированы на полученных экспериментальных данных, в результате чего были получены неопределённости прогнозирования для коэффициента расхода и диаметра Заутера равные 14% и 44% соответственно. После этого модели были “переобучены” с использованием различных поисковых методов, в результате чего неопределённости “переобученных” моделей составили 5,5% и 7,5% соответственно.

В пятой главе представлена конструкция смесителя для формирования двухфазного пузырькового потока и методика его расчёта. В рамках данной методики было реализовано решение обратной задачи с использованием полученных в предыдущем разделе моделей.

В заключении сформулированы основные результаты данной работы.

Достоверность результатов исследования обеспечивается использованием современных аттестованных средств измерения, тщательной

отработкой методов определения параметров, получением большой статистической выборки с малым шагом при изменении всех определяющих процесс распыла параметров, соблюдением методологии оценки качества при создании моделей идентификации.

Публикации и апробация работы

Материалы диссертационной работы опубликованы в 9-ти печатных работах, из них 2 статьи в журналах из списка ВАК РФ, 1 – в научных изданиях, индексируемых международными базами Web of Science и Scopus. Основные результаты исследований, изложенные в диссертации, были представлены на 6-ти конференциях.

Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в научно-исследовательских институтах и конструкторских бюро специализирующихся в области создания воздушно-реактивных двигателей (ФГУП ЦАГИ, ГНЦ ФАУ ЦИАМ им. П.И. Баранова, ПК «Салют» АО «ОДК» ОКБ им. А. Люльки, ПАО «ОДК-Сатурн», АО «ОДК-Авиадвигатель», ПАО «Туполев», ПАО «Авиационный комплекс имени С.В. Ильюшина», ПАО «ОДК-Кузнецов» и др.).

Результаты проведенных исследований также целесообразно рекомендовать для студентов вузов и аспирантов в учебном процессе при подготовке специалистов соответствующего профиля.

Основные замечания по работе и пожелания

1. В первой обзорной главе (объем которой всего 8 страниц) приведены и обсуждены только несколько основных моделей определения коэффициента расхода, среднего диаметра капель и среднего диаметра Заутера при двухфазных течениях. При этом совершенно отсутствует обзор экспериментальных методик и результатов исследования данных параметров из предыдущих известных работ. Например, экспериментальных методик, разработанных в ОИВТ РАН и ИТФ УрО РАН, для определения размеров капель в двухфазных потоках.

2. В работе не представлена оценка погрешности (по новому ГОСТу 34100.3-2017 «неопределенности»), получаемых в эксперименте параметров. Недоумение от этого обстоятельства ещё более усиливается в связи с тем, что основная часть работы является экспериментальной. Например, точность измерения параметров потока с помощью основной экспериментальной методики, используемой в работе (метода PIV), зависит от физических

свойств сплошной среды и дисперсной фазы, размеров и концентрации частиц.

3. В диссертации не приведена информация об основном влияющем параметре на точность определения размеров капель с помощью кадров видеосъемок – о времени экспозиции видеокамеры в проведенных экспериментах. Также не до конца обоснована и ясна методика выбора порога обработки кадров, от которого главным образом зависит определение количества капель, путем “визуального определения оператором”.

4. В качестве рабочего тела при экспериментальном исследовании модели смесителя форсажной камеры сгорания использовался двухфазный поток вода-воздух, в то время как в реальных условиях рабочим телом является топливовоздушная смесь. Хотелось бы пояснений по поводу корреляции результатов исследования с реальными условиями и возможности их переноса на реальные объекты.

5. Работа имеет ряд текстовых недоработок и ошибок. Например, на рисунках раздела 3.4 по вертикальной оси отложено отрицательное число частиц. А в таблицах, также содержащихся в разделе 3.4, представлены значения средних диаметров капель и диаметров Заутера с точностью до единиц нанометров, в то время как, из данных по масштабу кадров для определения диаметров капель на стр. 40 диссертации в 1 пикселе кадра содержится 8,1 мкм.

6. Для облегчения прочтения и понимания основных результатов работы следовало бы выделить в отдельные подразделы выводы по каждой главе.

7. Материал диссертации содержит избыточно большое количество вспомогательной информации, не содержащей научной новизны.

Общее заключение. Сделанные замечания не снижают общую положительную оценку работы. Тема диссертации соответствует указанной научной специальности 2.5.15 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов». Содержание автореферата и сформулированные в нем выводы полностью соответствуют представленным в диссертации результатам исследований.

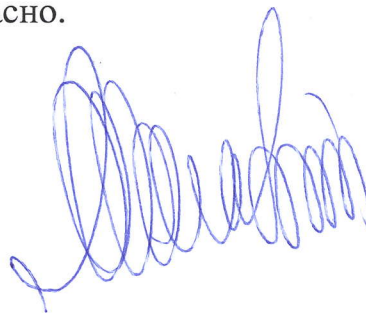
Публикации также отражают основные положения диссертации.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая отвечает требованиям пп. 9-4 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 01.10.2018, с изм. от 26.05.2020), а ее автор, Кучеров Никита Александрович, заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Отзыв обсуждён и утверждён на заседании кафедры Э-3 «Газотурбинные двигатели и комбинированные установки» 02.12.2022 г., протокол № 9. Заключение принято единогласно.

Заведующий кафедрой Э-3 «Газотурбинные двигатели и комбинированные установки»
член-корр. РАН, д.ф.-м.н.
Вараксин Алексей Юрьевич
(тел.: 8 499 265-78-42,
электронная почта: varaksin_a@bmstu.ru).



Доцент кафедры Э-3 «Газотурбинные двигатели и комбинированные установки»
к.т.н.
Васильев Николай Викторович
(тел.: 8 499 265-78-42,
электронная почта: nikvikvas@bmstu.ru).



Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Адрес: РФ, 105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1

Телефон: +7(499)2636391

Факс: +7(499)2674844

E-mail: bauman@bmstu.ru

Сайт: <https://bmstu.ru/>

С отзывом ознакомлен 12.12.2022
Куцаков И.А.