

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Эрнандэс Моралес Марио на тему «Разработка метода моделирования процессов  
нагрева и испарения капель многокомпонентного жидкого топлива в камерах  
сгорания авиационных газотурбинных двигателей», представленной на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки  
летательных аппаратов

Повышение эффективности организации рабочего процесса в камерах сгорания всегда было связано со снижением удельного расхода топлива. Человечество в стремлении завоевать воздушное пространство, все больший упор делает на реактивную авиацию, что обуславливает значимость работы в данной предметной области. Повышение эффективности одного параметра неотъемлемо связано с падением другого. Так, не смотря на повышение температуры газа перед турбиной, проблема образования вредных веществ, влияющих на ухудшение процессов охлаждения конструкции двигателя и оказывающих воздействие на окружающую среду, все еще остается актуальной. В этой связи предлагаемые разработки также позволят государству сохранить паритет на мировой арене за счет снижения затрат в эксплуатации и повышения эффективности силовых установок военного и гражданского назначения. Исходя из вышесказанного, тема диссертации Эрнандэс Моралес Марио является актуальной.

В работе предлагается повышение эффективности проектирования камер сгорания газотурбинных двигателей за счёт нового метода расчёта нагрева и испарения капель топлива в трёхмерной постановке, отличающегося учётом многокомпонентности капель, диффузии компонентов внутри капли и насыщенности пара вокруг капли.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 234 наименований. Основной текст 173 страницы, 53 иллюстраций и 26 таблиц. По объёму и структуре работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Автореферат полностью отражает основные идеи, результаты, выводы и соответствует диссертационной работе.

Название и содержание работы соответствуют специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» и отвечает следующим пунктам паспорта специальности: п. 1 в части «Теория и рабочий процесс тепловых и электроракетных двигателей летательных аппаратов, а также силовых и энергетических установок, их узлов и систем. Оптимизация схем и параметров двигателей»; п. 18 в части «Процессы создания и доводки двигателей летательных аппаратов. Способы улучшения характеристик и основных данных двигателей, находящихся в серийном производстве и эксплуатации».

Входящий № 217-8808  
Дата 17 НОЯ 2023  
Самарский университет

Научная новизна результатов, полученных автором, заключается в следующем:  
разработан метод моделирования процессов нагрева и испарения капель жидкого топлива в трёхмерной постановке, основанный на применении широкоизвестных математических моделей, отличающийся комплексным учётом многокомпонентности капель, распределения концентрации компонентов внутри капли, насыщенности пара вокруг капли и относительной скорости движения капли и позволяющий оценить их влияние на образование вредных выбросов;

разработана новая методика формирования суррогатов углеводородных топлив, основанная на известных методах формирования суррогатов топлива, отличающаяся от существующих учётом свойств, таких как теплоёмкость, теплопроводность и давление насыщенных паров, влияющих на процессы нагрева и испарения, а также учётом кривой дистилляции и позволяющая формировать суррогаты топлива, имеющие большую степень соответствия применяемым в авиации видам топлива;

разработан новый суррогат керосина, отличающийся от известных точностью определения характеристики испарения авиационного керосина и позволяющий повысить точность моделирования рабочего процесса в камере сгорания авиационного газотурбинного двигателя.

получены новые экспериментальные зависимости характеристик испарения многокомпонентных жидких топлив (керосина и его суррогатов), отличающиеся более детальным анализом температуры капли и позволяющие определить изменение диаметра и температуры в приповерхностном слое капли за установленное время.

Достоверность полученных результатов диссертационного исследования Эрнандэс Моралес Марио подтверждается:

использованием в экспериментальном исследовании поверенных средств измерения и аттестованного измерительного оборудования;

высоким уровнем согласования результатов численного моделирования с данными, полученными в ходе экспериментальных исследований в модельной камере сгорания;

при написании диссертации соискатель дал все необходимые ссылки на авторов и источники, откуда он заимствовал материалы или отдельные результаты.

Теоретическая значимость работы заключается в обобщении расчётно-экспериментальных данных о времени испарения и температуре на поверхности капель керосина и его суррогатов при температурах внешней среды, характерных для рабочего процесса камер сгорания газотурбинных двигателей, а также в разработке метода моделирования процессов нагрева и испарения многокомпонентных капель жидкого топлива в трёхмерной постановке.

Практическая значимость работы заключается в совершенствовании алгоритма численного моделирования рабочего процесса камеры сгорания газотурбинного двигателя за счёт использования в качестве модели керосина разработанного суррогата керосина, уточнения времени испарения многокомпонентных капель и насыщенности пара вокруг них, что позволяет повысить точность определения

эмиссионных и эксплуатационных характеристик камеры сгорания на этапе проектирования и доводки авиационных газотурбинных двигателей. Практическая значимость подтверждается актом об использовании результатов диссертационной работы на ПАО «ОДК-Кузнецов».

По теме диссертации опубликованы 14 работ, в том числе 1 статья в изданиях, индексируемых в ВАК, 6 статей в рецензируемых периодических изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, 6 публикаций в материалах конференций и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Оценивая работу положительно, считаю необходимым привести следующие замечания и предложения:

в первой главе не описано с чем связано нелинейное изменение NO при давлении 1,01 МПа;

в работе не описано почему максимальная температура газа достигается при значениях коэффициента избытка воздуха значительно ниже стехиометрического;

в работе используются зарубежные базы данных и программные продукты, но не указаны отечественные аналоги и их различия;

в работе недостаточно подробно раскрыты особенности оптимизатора, входящего в разработанную методику;

определение весовых коэффициентов экспертным методом является весьма спорным с точки зрения достоверности полученных результатов;

в работе не указано с чем связано значительное расхождение значения вязкости разработанных суррогатов с керосином ТС-1;

для модели распыла, нагрева и испарения, описанной в пятой главе, не представлен сравнительный анализ результатов расчета с использованием авторской функции и без нее;

при описании сеточной модели, автор не указал общее количество расчетных элементов и величину минимального элемента, что не позволяет оценить справедливость выбора модели турбулентности;

в подготовленной функции автор указывает наличие ста внутренних слоев в капле топлива, но не раскрывает этот параметр по тексту, особенно то, как он был получен;

разработанная функция представлена не в полном объеме, что осложняет ее анализ;

при анализе результатов математического моделирования рабочего процесса в камере сгорания серийного газотурбинного двигателя, автор не комментирует наличие зон с максимальной температурой вдоль стенок жаровой трубы.

Представленные замечания не снижают значимость проведенного диссертационного исследования.

В целом диссертация Эрнандэс Моралес Марио является законченным научным исследованием, результаты которого имеют важное значение для науки и практики. Внедрение результатов исследования вносит вклад в развитие методики

проектирования и технологии изготовления камер сгорания авиационных газотурбинных двигателей и энергетических установок.

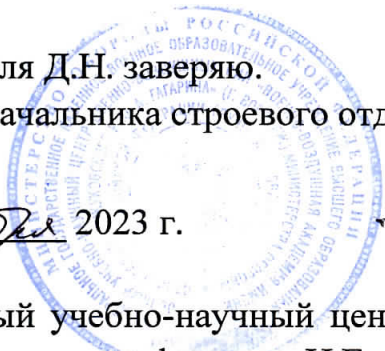
Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Эрнандэс Моралес Марио, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Старший преподаватель 73 кафедры авиационных двигателей ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж), кандидат технических наук

Тесля Денис Николаевич

Подпись Тесля Д.Н. заверяю.

Помощник начальника строевого отдела ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)



А. Саввин

«03» ноября 2023 г.

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), 394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54а, Телефон: 8-(473)-244-76-74, e-mail: vva@mil.ru, <http://академия-ввс.рф>.