



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

443086 г. Самара, Московское шоссе, 34.
Тел. (846)335-18-26; Факс (846)335-18-36
E-mail: ssau@ssau.ru <http://www.ssau.ru>

Ученому секретарю
диссертационного совета
Д212.125.08 МАИ
Зуеву Ю.В.

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

от 25.11.2014 № 24-3930

На № 10-202-16 от 20.10.2014

ОТЗЫВ

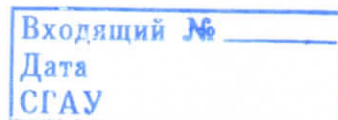
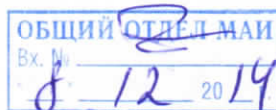
на автореферат диссертации Богачевой Дарьи Юрьевны
«Моделирование внутреннего (завесного) охлаждения жидкостного ракетного двигателя малой тяги на экологически чистых газообразных компонентах топлива», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

На современном этапе развития ракетных и космических систем всё более актуальными становятся вопросы как повышения эффективности ракетных двигателей малой тяги (РДМТ) так и улучшения их экологических характеристик. Всё большее внимание ракетостроителей привлекают нетоксичные топливные компоненты, такие как кислород и керосин, кислород и водород. Новые задачи, возникающие перед исследователями космического пространства, подчас требуют создания новых РДМТ. В связи с этим диссертационная работа Богачевой Д.Ю., посвященная повышению эффективности разработки РДМТ на экологически опасных компонентах, является актуальной.

В диссертационной работе Богачевой Д.Ю. показано, что использование современных методов расчёта с применением программных комплексов, реализующих численное решение уравнений Навье-Стокса, позволяет снизить объём экспериментальных исследований, заменив их на так называемый «численный эксперимент», что несомненно благоприятно отражается на скорости разработки новых РДМТ, поэтому тематика диссертационной работы является весьма актуальной.

К научной новизне выполненной работы следует отнести результаты анализа влияния основных параметров системы охлаждения (параметра вдува М, конструктивного исполнения системы охлаждения и способа подачи охладителя) на тепловое состояние камеры сгорания РДМТ.

Практическая значимость работы заключается в том, что сформулированные рекомендации по численному моделированию теплового состояния стенки камеры сгорания с помощью современного программного комплекса ANSYS CFX позволяют производить расчётные исследования, не уступающие по точности определения характеристик теплообмена РДМТ экспериментальным данным. Это позволяет дополнить, а в некоторых случаях и заменить дорогостоящий эксперимент, а также



оптимизировать конструкцию нового РДМТ на стадии проектирования, существенно сокращая общее время разработки.

Достоверность и обоснованность научных результатов подтверждается данными экспериментальных исследований РДМТ в случае использования аттестованной измерительной аппаратуры.

Оценивая положительно работу в целом, необходимо сделать следующие замечания:

- выглядит спорным и необоснованным принятое автором решение использовать сетку с количеством элементов 300 000, поскольку по мнению автора, применение более мелкой сетки даёт те же самые результаты (абзацы сверху и снизу от рис. 6). На рис. 6 автореферата видно, во-первых, что при увеличении количества элементов сетки с 350 000 до 680 000 рассчитываемое давление в камере изменяется на 0,1...0,2 атм для разных моделей турбулентности и горения, что в относительном выражении составляет 2-4% при абсолютных уровнях давлений 4...6 атм. Такая погрешность расчёта не может быть признана ничтожной при общем значении погрешности по давлению 6% (стр. 21, первый абзац). Во-вторых, даже если признать малым изменение на одном из интервалов графика, с точки зрения минимизации вычислительных затрат следовало бы принять размерность сетки, равной левой границе рассмотренного интервала. Для последнего интервала $(350;680) \times 10^3$ элементов это 350 000. Принятая же размерность 300 000 относится к другому интервалу $(110;350) \times 10^3$ элементов, на котором график идёт ещё менее полого. Но если изменение параметров на нём также принято ничтожным, разумным было бы принять размерность сетки в 100 000 а не 300 000 элементов.

- отсутствует обоснование выбора используемой для расчётов модели турбулентности и горения, несмотря на то, что на предварительном этапе решения (рис. 6) видно, что разные модели дают очень разные результаты, отличающиеся на 2 атм (при среднем уровне 5 атм относительная разница составляет 40%).

- результаты расчётного исследования были без достаточного обоснования признаны удовлетворительно согласующимися с экспериментальными при расхождении 6 и 12% по давлению и температуре соответственно (первый абзац стр. 21). При сопоставлении параметров не была учтена погрешность экспериментального определения параметров. Для доказательства адекватности и значимости расчётных результатов не применялись формальные методики (например, критерий Фишера).

В целом, несмотря на сделанные замечания, можно считать, что диссертационная работа является завершённым научным исследованием. В ней решены сложные задачи, имеющие существенное значение для проектирования РДМТ. Выполненная диссертационная работа соответствует специальности 05.07.05 и требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Богачева Дарья Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Ассистент кафедры теории двигателей
летательных аппаратов, к.т.н.

 Л.С. Шаблий

Зав. кафедрой теории двигателей
летательных аппаратов д.т.н., профессор

 В.Н. Матвеев

