



Федеральное космическое агентство  
Федеральное государственное унитарное предприятие



**«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР имени М.В. ХРУНИЧЕВА»**

**«КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ХИМИЧЕСКОГО  
МАШИНОСТРОЕНИЯ им. А.М. ИСАЕВА»  
Филиал ФГУП «ГКНПЦ им. М.В.Хруничева»**

Богомолова ул., д. 12, г. Королёв, Московская обл., Россия, 141070  
Тел.: (499)-678-83-84, факс (499) 678-83-34; (499) 678-83-01, E-mail: kbhimmash@korolev-net.ru  
ОКПО 17664075, ОГРН 1027739198090, ИНН/КПП 7730052050/773001001

01.12 2014 Исх. № 7/1203

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

"Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)"

Учёному секретарю диссертационного совета  
Д 212.125.08, д.т.н., профессору

Ю.В.Зуеву

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

о направлении отзыва

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертационной работы Богачёвой Дарьи Юрьевны, выполненной по теме «Моделирование внутреннего (завесного) охлаждения жидкостного ракетного двигателя малой тяги на экологически чистых газообразных компонентах топлива» и представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Приложение.

Отзыв на автореферат диссертации Богачёвой Д.Ю. 2 экз, на 4-х листах каждый, н/с, только в адрес.

Генеральный конструктор

И.А.Смирнов

Исполнитель: Юрков А.В., отд.405, т. 8-499-678-84-92



№ 0013640



Федеральное космическое агентство  
Федеральное государственное унитарное предприятие



**«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР имени М.В. ХРУНИЧЕВА»**

**«КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ХИМИЧЕСКОГО  
МАШИНОСТРОЕНИЯ им. А.М. ИСАЕВА»  
Филиал ФГУП «ГКНПЦ им. М.В.Хруничева»**

Богомолова ул., д. 12, г. Королёв, Московская обл., Россия, 141070  
Тел.: (499)-678-83-84, факс (499) 678-83-34; (499) 678-83-01, E-mail: kbhimmash@korolev-net.ru  
ОКПО 17664075, ОГРН 1027739198090, ИНН/КПП 7730052050/773001001

\_\_\_\_\_ 20 г. Исх. № \_\_\_\_\_

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Генеральный конструктор  
"КБхиммаш им. А.М.Исаева" – филиала  
ФГУП "ГКНПЦ им.М.В.Хруничева", к.ф-м.н

"01"

И.А.Смирнов

2014

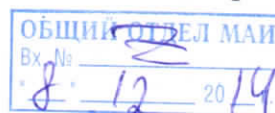


**ОТЗЫВ**

организации «Конструкторское бюро химического машиностроения им. А.М. Исаева» – филиал ФГУП «ГКНПЦ им М.В. Хруничева» на автореферат диссертационной работы Богачёвой Д.Ю. на тему «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»

Диссертационная работа Богачёвой Д.Ю. посвящена исследованию процесса завесного охлаждения в ракетном двигателе малой тяги (РДМТ) на газообразных компонентах топлива.

Актуальность темы определяется тем, что в настоящее время российскими и зарубежными разработчиками в качестве перспективного горючего



№ 0002783

рассматривается сжиженный природный газ и его основная составляющая – метан, который позволяет увеличить удельный импульс указанной топливной композиции по сравнению с кислород-керосиновым топливом, а также улучшить экологические показатели. Таким образом, исследование вопроса эффективной организации рабочего процесса в камере сгорания РДМТ с учётом завесного охлаждения на несамовоспламеняющихся топливах является актуальной научно-технической задачей.

Проблема организации высокоэффективного процесса преобразования топлива на основе метана в продукты сгорания требует детального изучения особенностей газодинамики процессов горения применительно к реальной конструкции в условиях, соответствующих их реальному использованию.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы. Во введении автором обоснованы актуальность основных направлений исследований и сформулирована цель работы.

Первая глава посвящена обзору литературы. Автор собрал материал, отражающий основные этапы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, посвященных исследованию возможности применения метана в качестве горючего ракетного топлива. К достоинствам обзора следует отнести анализ результатов экспериментальных исследований модельных и натурных РДМТ на метане. Представленные материалы свидетельствуют о достаточно широкой научной эрудиции автора в области теории и практики исследования внутрикамерных процессов, что позволило четко сформулировать основные задачи исследования.

Во второй главе рассматривается объект исследований – специально разработанный экспериментальный ракетный двигатель, работающий на компонентах топлива газообразный кислород и газообразный метан. Рассмотрены созданные диссертантом конструкции модельных камер ракетного двигателя. Особенностью продемонстрированного автором подхода является моделирование реальной геометрии форсуночной головки и способов подачи компонентов топлива.

Третья глава диссертации посвящена описанию используемой математической модели внутрикамерных процессов в ракетном двигателе и полученных результатов расчётно-теоретического исследования.

На основе проведенных вычислений в программном комплексе «Ansys CFX» определены особенности протекания рабочих процессов для четырёх вариантов подачи топлива в камеру сгорания при их комбинировании между завесой и центром.

В данной главе также представлен алгоритм исследования рабочих процессов в ракетном двигателе, сформированный по результатам расчётно-

теоретического исследования. Все это позволило автору выявить объективные закономерности процессов смесеобразования, воспламенения и горения топлива в камере сгорания.

В четвёртой главе приведено описание экспериментального огневого стенда и методики проведения исследований.

Следует отметить, что управление стендом, регистрация режимных и определяемых параметров, контроль и формирование отчётов производится с помощью специального программного обеспечения, что свидетельствует о достаточно высокой культуре проведения эксперимента. Выполнен достаточный объем огневых стендовых испытаний, проведенных на нескольких режимах работы ракетного двигателя.

Анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований позволяет сделать вывод, что в данной работе успешно реализован и подтвержден огневыми стендовыми испытаниями метод проектирования по разработанной математической модели.

Удовлетворительное согласование результатов математического моделирования и результатов огневых стендовых испытаний позволяет рекомендовать предложенную в диссертации методику для применения на ранних этапах проектирования.

Однако следует отметить, что в автореферате на рис. 17, 18 приведены зоны повышенных температур при использовании в качестве завесного охладителя газообразного кислорода. Исходя из температурной шкалы, локальный нагрев достигает  $2000^{\circ}\text{K}$ , что не согласуется с результатами оптимизационного расчёта при моделировании на секторной расчётной области (при кислородной завесе) и вероятно требует дополнительного пояснения. Также считаем, что автору необходимо более основательно рассмотреть влияние приведённой длины камеры сгорания на энергетические характеристики и тепловое состояние, а также предложить методы сохранения газовой завесы на выбранной длине с обеспечением приемлемой неравномерности.

Также следует высказать замечание в части выполнения расчётов в стационарной постановке, хотя ракетные двигатели малой тяги работают, как правило, и в импульсных режимах.

Дополнительно автору можно порекомендовать уделить внимание системе зажигания и привести данные по характеристикам воспламенения с различными вариантами завесного охлаждения.

Приведенные замечания не меняют общего положительного мнения о работе. Полученные в работе результаты возможно использовать при проведении научно-исследовательских работ, а также в учебном процессе.

Содержание диссертационной работы соответствует специальности 05.07.05

«Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов». Главные результаты диссертационной работы докладывались на всероссийских и международных конференциях.

Анализируя диссертационную работу Богачёвой Д.Ю. в целом, следует отметить, что она является законченной научно-квалификационной работой, в которой предлагается одно из решений задачи, связанной с организацией эффективного рабочего процесса в камере сгорания и конструированием ракетного двигателя на газообразных компонентах топлива метан-кислород.

Диссертационная работа Богачёвой Д.Ю. соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Главный конструктор направления –  
начальник отдела 410, к.т.н.

Ю.И.Агеенко

Зам. начальника отдела

И.В.Пегин

Ведущий специалист отдела

Копия 27.11.14

А.Ю.Карманов

Подписи Агеенко Ю.И., Пегина И.В., Карманова А.Ю. заверяю  
учёный секретарь НТС "КБхиммаш им. А.М.Исаева - филиала ФГУП  
"ГКНПЦ им. М.В. Хруничева" "

Юрков А.В.

27.11.2014