



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ТУРАЕВСКОЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «СОЮЗ»

Промзона Тураево, стр. 10, г. Лыткарино, Московской области, Россия, 140080.  
Тел.: (495) 552-1543, тел./факс: (495) 555-0281, 555-0877, E-mail: info@tmkb-soyuz.ru  
ОКПО 07537312 ОГРН 1035004901700 ИНН/КПП 5026000759/502601001

JOINT-STOCK COMPANY TURAEVO MACHINE-BUILDING DESIGN BUREAU «SOYUZ»

10, st. Turaevo, Lytkarino, Russia 140080

Phone.: (495) 552-1543

Fax: (495) 555-0281, 552-5700, 555-08-77

18.11.2014 № 033/01-840

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Г \_\_\_\_\_ 7

Ученому секретарю  
диссертационного совета  
Д 212. 125. 08 МАИ  
д.т.н., профессору Ю.В. Зуеву

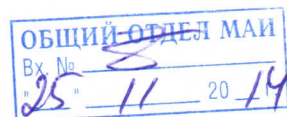
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,  
Волоколамское ш., 4, МАИ, Ученый Совет

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Богачевой Д.Ю. на тему:  
«Моделирование внутреннего (завесного) охлаждения ракетного двигателя малой  
тяги на экологически чистых газообразных компонентах топлива»,  
представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических  
наук.

Приложение: 1 Отзыв на автореферат диссертации в 2 экз. на 3 листах  
каждый.

Генеральный директор

Н.Н.Яковлев





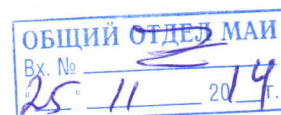
Утверждаю  
Генеральный директор  
ОАО ТМКБ «Союз», к.ф.-м.н.  
Н.Н.Яковлев

### Отзыв

на автореферат диссертационной работы Богачевой Д.Ю.  
«Моделирование внутреннего (завесного) охлаждения 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».

Современное развитие ракетно-космической техники идет по пути не только усложнения и наращивания задач, решаемых с помощью космических летательных аппаратов, но и освоению экологически чистых топлив, к которым относится пара «метан-кислород». Перспективным является создание объединенной двигательной установки (ОДУ), включающей в себя ракетные двигатели системы управления, осуществляющие функции ориентации и работающие на основных компонентах топлива, применяемых в ОДУ. Наличие ракетных двигателей малой тяги (РДМТ), работающих на газообразных компонентах топлива метан и кислород дает возможность оптимизировать пневмо-гидросхему ОДУ. В связи с этим исследование рабочих процессов в РДМТ на компонентах топлива метан и кислород является актуальным.

При применении высокоэффективных топлив проблема надежной тепловой защиты остается одной из основных задач. В связи с особенностями режимов работы РДМТ, наиболее распространенным методом защиты стенок камеры сгорания РДМТ от высокотемпературных продуктов сгорания является внутреннее пленочное (завесное) охлаждение. При этом выбрать оптимальный расход на завесное охлаждение (оптимальный с точки зрения обеспечения надежного теплового состояния конструкции двигателя и минимизации потерь удельного импульса) возможно лишь проведя множество огневых испытаний. Учитывая требования по сокращению материальных и временных затрат, при разработке новых образцов ракетной техники необходимо оптимизировать предварительные расчетные исследования. Для решения этой задачи необходимо привлечение надежных методов моделирования рабочего процесса.



Целью диссертационной работы Богачевой Д.Ю. является повышение эффективности разработки РДМТ, работающего на непрерывном режиме, путем применения численного моделирования внутрикамерных процессов в РДМТ с учетом завесного охлаждения.

Автором диссертационной работы предложена трехмерная математическая модель внутрикамерных процессов в РДМТ с учетом завесного охлаждения, реализованная на базе коммерческого пакета Ansys CFX. Модель апробирована на реальном РДМТ, работающем на топливной паре кислород-метан.

Автором последовательно представлены теоретическая часть модели, результаты проведения огневых испытаний двигателя, показаны результаты теплового состояния РДМТ для различных завес: кислородной и воздушной, приводится сравнение расчетных и экспериментальных данных.

Научная новизна работы заключается в успешном решении следующих задач:

- разработана математическая модель для анализа теплового состояния камеры сгорания с учетом завесного охлаждения на стационарном режиме и проведены численные эксперименты;
- разработан экспериментальный РДМТ, работающий на газообразных компонентах топлива метан-кислород;
- даны рекомендации по организации газового завесного охлаждения.

Полученные автором результаты достоверны, т.к. они являются следствием обобщения расчетных и экспериментальных данных, полученных путем применения современных методов и средств исследования. В частности, достоверность полученных результатов подтверждается:

- использованием в работе фундаментальных законов и уравнений газовой динамики;
- использованием современных методов численного анализа;
- соответствием результатов расчетных исследований полученным экспериментальным данным.

Практическая значимость работы заключается в том, что путем численного эксперимента по разработанной методике моделирования

рабочего процесса в РДМТ, работающего на газообразных компонентах метан-кислород, представляется возможность оптимизировать конструкцию управляющих двигателей ОДУ и сократить объем их экспериментальной отработки.

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания:

1. В работе рассматривается непрерывный режим работы двигателя, хотя ракетные двигатели малых тяг работают, как правило, и в импульсных режимах.

2. В расчётах принята адиабатическая стенка камеры сгорания, в то время как учёт тепловых потоков в стенке от критического сечения к головке К.С. может внести определённые коррективы в полученные результаты расчёта.

3. Рассмотрен один вариант формирования завесы – у головки. Смещение расположения завесы вниз по потоку может оказаться более оптимальным..

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, включающую в себя все необходимые элементы, и полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Богачёва Дарья Юрьевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Начальник экспериментально-  
испытательного отделения, к.т.н.

 Петренко В.М.