



**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ  
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ МАШИНОСТРОЕНИЯ»**

**(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)**  
ул. Гагарина, д. 33, г. Реутов, Московская область, 143966  
телеграфный: Реутов Московской ВЕСНА (АТ346416)  
Тел.: (495) 528-30-18 (канцелярия) Факс: (495) 302-20-01  
E-mail: vpk@npomash.ru http://www.npomash.ru  
ОКПО 07501739, ОГРН 1075012001492  
ИНН/КПП 5012039795/509950001

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель

Генерального директора

ОАО «ВПК «НПО машиностроения»

М.И. Гришко



12

2014 г.

05.12.2014

№ 8/865

на №

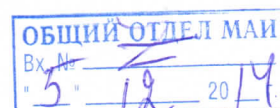
от

**Отзыв ведущей организации**

**ОАО «ВПК «НПО машиностроения»**

на диссертацию **БОГАЧЕВОЙ Дарьи Юрьевны** на тему «Моделирование внутреннего (завесного) охлаждения ракетного двигателя малой тяги на экологически чистых газообразных компонентах топлива», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электро-ракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

**Актуальность темы.** Диссертационная работа **БОГАЧЕВОЙ Дарьи Юрьевны** посвящена исследованиям завесного охлаждения ракетного двигателя малой тяги (РДМТ). Известная проблема поиска баланса между высоким удельным импульсом и температурными ограничениями по материалу камеры сгорания (КС) особенно остро стоит перед разработчиками двигателей малой размерности на экологически чистых компонентах топлива. Как правило, это связано со сложностями расчета процессов горения и охлаждения в камерах малой размерности, трудностями регистрации соответствующих параметров при испытаниях и наличием специальной системы запуска. Исследования, направленные на разработку методик численного трёхмерного моделирования рабочих процессов в КС с использованием профессиональных конечно-элементных пакетов



прикладных программ, которые сокращают количество стендовых испытаний, представляют безусловный научный интерес и поэтому тему диссертации следует признать актуальной.

**Научная новизна** диссертации заключается, по нашему мнению в следующих результатах, полученных автором:

- разработке методики численного моделирования тепловых процессов в КС с учетом завесного охлаждения с помощью программного обеспечения для компьютерного моделирования ANSYS;

- рекомендациях по проведению вычислительных экспериментов по моделированию внутрикамерных процессов с использованием ANSYS;

- разработке программного обеспечения для обработки результатов стендовых испытаний РДМТ (защищенного свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ).

**Практическая значимость диссертационной работы** заключается во внедрении разработанной методики моделирования рабочих процессов в КС РДМТ, основанной на применении программного решателя ANSYS CFX, и экспериментальном подтверждении эффективности ее использования в инженерных приложениях.

**Достоверность и обоснованность** научных результатов и выводов диссертации основана на использовании известных теоретических положений и методов исследования, применении сертифицированных программных средств и экспериментальном подтверждении полученных результатов.

**Апробация** результатов диссертационной работы выполнена на различных российских научных конференциях. Результаты диссертации опубликованы в 10 научных работах, в том числе в 5 статьях в журналах и изданиях из Перечня Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации.

#### **Анализ содержания диссертации.**

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертационной работы. Сформулированы цель, задачи исследования, научная новизна и практиче-

ская ценность работы. Обоснован выбор объекта исследования – РДМТ на экологически чистых газообразных компонентах топлива ( $\text{CH}_4 + \text{O}_2$ ) с завесным охлаждением.

**Первая глава** «Аналитический обзор работ по исследованию завесного охлаждения» посвящена анализу научных работ в области завесного охлаждения. Проведенный анализ позволил автору обозначить методику исследования по теме диссертации и сформулировать рекомендации по организации завесного охлаждения при ее реализации.

**Во второй главе** подробно описана конструкция объекта исследования с щелевой смесительной головкой, изготовленной по 3D-модели с помощью современных аддитивных технологий. Математическая модель внутрикамерных процессов в РДМТ, заложенная в вычислительное ядро программного решателя ANSYS CFX, основана на численном решении уравнений газовой динамики в трехмерной постановке с учетом химических реакций. Подробно рассмотрены две модели турбулентного горения для проведения вычислительных экспериментов. Следует отметить, что в главе при постановке задачи не указаны расчетная область и граничные условия.

**В третьей главе** представлена реализация вычислительных экспериментов в ANSYS по моделированию турбулентного горения. По результатам анализа численных расчетов показана возможность применения как модели диссипации вихря, так и модели тонкого фронта пламени при обозначенных ограничениях.

**Четвертая глава** посвящена организации проведения экспериментов и анализу полученных экспериментальных данных. Качественная оценка результатов выполненных экспериментов показывает, что примененное программное обеспечение и результаты расчетов согласуются с удовлетворительной точностью. Однако, не ясна методика расчета турбулентного перемешивания завесы и основного потока и соответствующих результатов, приведенных на рис. 78.

**Заключение** отражает основные результаты и выводы диссертационной работы.

## **Оценка содержания диссертации.**

Диссертационная работа БОГАЧЕВОЙ Дарьи Юрьевны состоит из введения, 4 глав и заключения, приводится перечень основных сокращений и обозначений, изложенных на 139 страницах, включая 79 иллюстраций и 14 таблиц, списка цитируемой литературы из 79 наименований.

В целом задачи диссертационной работы решены. Обобщая результаты анализа содержания диссертации, можно отметить в работе следующие **недостатки**.

1. Рассмотрен только стационарный режим внутрикамерных процессов в ЖРДМТ, хотя для таких двигателей характерен в основном импульсный режим работы.

2. Не обозначены преимущества решателя ANSYS CFX перед аналогичными (в том числе отечественными) программными продуктами.

3. При вычислительном эксперименте (глава 3) не приведены оценка затрат машинного времени на решение типовой задачи моделирования и анализ эффективности применения программного комплекса ANSYS.

4. Не раскрыты существо и алгоритмическое построение программ автора для обработки результатов огневых испытаний (стр. 96).

5. Вызывает сомнение рекомендация о необходимости обеспечения ламинарного течения основного потока в КС РДМТ (стр. 23, п. 4.).

6. Не раскрыта целесообразность проведения эксперимента с использованием воздуха в качестве завесы.

Замечания по оформлению: отсутствуют выводы по главам, в разделе «Введение» диссертации (стр. 4) отсутствует заголовок «Актуальность темы», нет необходимости в разделе «Краткое содержание работы» на стр. 9.

Отмеченные замечания не снижают высокого общего уровня диссертационной работы.

Диссертация соискателя ученой степени БОГАЧЕВОЙ Дарьи Юрьевны является законченной научно-квалификационной работой, посвященной реше-

нию актуальной научной задачи моделирования внутреннего (завесного) охлаждения ракетного двигателя малой тяги на экологически чистых газообразных компонентах топлива. Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, БОГАЧЕВА Дарья Юрьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Отзыв заслушан и одобрен на секции НТС предприятия, протокол № 5/2014 от 03.12.2014.

Заместитель начальника ЦКБМ  
– начальник отделения энергосиловых установок  
ОАО «ВПК «НПО машиностроения»,  
кандидат технических наук



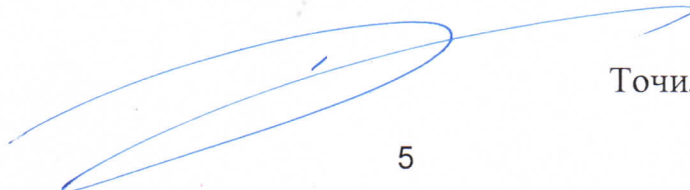
Новиков Андрей Евгеньевич

Первый заместитель начальника  
отделения энергосиловых установок  
ОАО «ВПК «НПО машиностроения»,  
кандидат технических наук



Реш Георгий Фридрихович

Ученый секретарь  
ОАО «ВПК «НПО машиностроения»,  
кандидат физико-математических наук



Точиллов Леонид Сергеевич