

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук

Денисова Константина Петровича

на диссертационную работу Чудиной Юлии Сергеевны на тему **«Рабочие процессы в ракетном двигателе малой тяги на газообразных компонентах топлива кислород и метан»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Разработка и создание новых образцов ракетной техники в настоящее время в условиях требований сокращения материальных и временных затрат становится довольно сложной задачей. Использование современных методов и методик расчета, основанных на математическом моделировании, может стать одним из путей решения этой задачи. Поэтому тематика рецензируемой работы, содержащей разработку методики численного моделирования рабочих процессов для проектирования и создания высокоэффективных ракетных двигателей малых тяг на топливе газообразный кислород и газообразный метан, является весьма актуальной.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка использованной литературы из 60 наименований и приложения на 6 страницах. Общий объем диссертации – 167 страниц.

Во введении дано обоснование актуальности диссертации, представлены цели и задачи работы, выделяются новые результаты работы, ее практическая ценность и вклад автора, обосновывается достоверность результатов и дается общее описание выполненной работы.

В первой главе диссертации приводится обзор по использованию в ракетно-космической технике кислородно-метанового топлива, рассматриваются существующие методики численного моделирования рабочих процессов в камерах сгорания ракетных двигателей и газогенераторах. Сформулированы основные задачи для достижения цели работы:

- разработка экспериментального двигателя тягой 200-250Н в вакууме, работающего на компонентах топлива газообразный кислород и газообразный метан с возможностью регулирования завесного охлаждения;

- разработка математической модели для анализа внутрикамерных процессов при работе на стационарном режиме с учетом завесного охлаждения, проведение предварительного численного эксперимента по моделированию течения в смесительных головках и камерах разработанной конструкции;
- разработка плана испытаний и проведение огневых экспериментов для верификации математической модели и подтверждения правильности принятых конструкторских решений;
- выявление расчетно-теоретических и экспериментальных зависимостей основных параметров двигателя от граничных условий.

Во второй главе автор приводит подробное описание объекта исследования – экспериментального ракетного двигателя тягой 200-250Н. Выделены следующие особенности двигателя: пластинчатая смесительная головка, шесть двухкомпонентных струйно-центробежных форсунок, две схемы подачи компонентов, отдельный подвод компонента для завесного охлаждения стенок камеры сгорания, использование конструктивного элемента – юбки. В работе используются камеры сгорания разной приведенной длины, несколько вариантов конструкции юбки и разные схемы подачи компонентов в смесительную головку.

В третьей главе диссертации проводится расчетно-теоретическое исследование рабочих процессов в смесительной головке и камере сгорания выбранного объекта исследования. Дается краткое описание физической картины рабочего процесса в ракетных двигателях малых тяг, приводятся особенности выбранной математической модели: система уравнений, описывающая течение и взаимодействие компонентов, требования, которым должна отвечать модель, допущения, принятые в модели, замыкающие зависимости, расчетные области. На первом этапе численного исследования автором проводится моделирование течения в смесительной головке. Следующий этап заключался в моделировании процессов в камере сгорания ракетного двигателя с учетом химических реакций на шестой части камеры сгорания, определены требуемые расходы компонентов и схемы подачи для обеспечения удовлетворительного теплового состояния конструкции. Заключительный этап расчетно-теоретического исследования включил в себя изучение рабочих процессов в расчетной области, состоящей из полноразмерной камеры сгорания и гидравлической части смесительной головки. Автор приводит зависимости полученных параметров двигателя – давления в камере сгорания, удельного импульса, температур – при различных комбинациях соотношений компонентов и относительных расходов на завесу. Делаются выводы по использованию выбранных схем подачи компонентов, конструкций камер сгорания и

смесительных головок, расходов компонентов. Дается алгоритм для будущих численных исследований, основанный на проведенной автором расчетно-теоретической работе.

Четвертая глава рассматриваемой диссертации посвящена экспериментальному исследованию и сравнению полученных результатов с расчетными. Приводится довольно подробное описание атмосферного огневого стенда, режимов работы двигателя. Даны результаты огневых запусков. Эффективность разработанного двигателя определяется по уровням расходного комплекса. Проведенное автором качественное и количественное сравнение расчетных и экспериментальных результатов показало удовлетворительное согласование этих данных (с погрешностью не более 9%). На этом основании автором делается вывод о возможности применения представленной математической модели в дальнейших разработках и даются рекомендации по созданию ракетных двигателей малых тяг на ранних этапах проектирования.

В заключении подведены итоги проведенного исследования.

Научная новизна работы состоит в разработанной автором математической модели, полученных результатах расчетного и экспериментального исследования ракетного двигателя малой тяги с использованием в качестве компонентов топлива газообразного кислорода и газообразного метана при применении для охлаждения стенок камеры сгорания только завесного охлаждения.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, сделанных выводов и рекомендаций вытекает из практической апробации результатов расчетного исследования, подтверждается использованием общепризнанных положений и методов расчета теории ракетных двигателей, использованием фундаментальных законов сохранения.

По теме диссертации имеется семь публикаций, две из которых напечатаны в изданиях, входящих в список рекомендуемых ВАК научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций. Автореферат диссертации и публикации автора достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

Работа имеет несомненную практическую значимость для дальнейшего совершенствования и развития в области ракетного двигателестроения. Предложенная методика исследования рабочих процессов может быть использована как инструмент на проектном этапе разработки ракетных двигателей малых тяг, работающих на газообразном метан-кислородном топливе для выбора конструкций смесительных головок и камер сгорания.

Можно отметить следующие замечания по содержанию диссертационной работы:

1. Во введении автор говорит о возможности использования топлива кислород-метан как унифицированного в объединенной двигательной установке, включающей и ракетные двигатели малой тяги, однако не приводит даже примерной схемы этой установки.
2. При достаточно подробном описании экспериментального этапа исследования в работе автор не дает значений удельных характеристик двигателя, в частности, удельного импульса, для проектного режима работы двигателя с давлением в камере сгорания 1 МПа;
3. Автором не приводятся экспериментальные данные при работе двигателя в условиях вакуума.


Отмеченные замечания не снижают общего положительного впечатления о диссертационной работе и не влияют на основные результаты.

Считаю, что диссертация Чудиной Ю.С. «Рабочие процессы в ракетном двигателе малой тяги на газообразных компонентах топлива кислород и метан» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой представлено решение задачи разработки методики численного моделирования рабочих процессов в РДМТ, работающих на газообразной топливной паре кислород-метан. Диссертационная работа полностью отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Ее автор, Чудина Юлия Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Официальный оппонент,

Заслуженный деятель науки РФ,

действительный член Российской Академии
космонавтики имени К.Э.Циолковского,
доктор технических наук

 Денисов Константин Петрович

Почтовый адрес: 141320, Московская

обл, Сергиев-Посадский район, г.Пересвет,

ул. Ленина, д. 4, кв. 9.

Тел. 8-(496)-546-76-22.

**Город Пересвет Сергиево-Посадского района Московской области.
Первого августа две тысячи четырнадцатого года.**

Я, Опекунов Алексей Дмитриевич, нотариус Сергиево-Посадского нотариального округа Московской области, свидетельствую подлинность подписи гр. Денисова Константина Петровича, которая сделана в моем присутствии. Личность подписавшего документ установлена.

Зарегистрировано в реестре за № **1-805**.

Взыскано по тарифу:	100 руб. 00 коп.
Оказаны услуги правового и технического характера.	
Взыскано за услуги:	250 руб. 00 коп.



Опекунов Алексей Дмитриевич

Тогда в присутствии свидетелей (или в отсутствие свидетелей) и в присутствии нотариуса (или в отсутствие нотариуса) стороны заключили настоящий договор, в котором оговорили следующее:

1. Настоящим договором стороны обязуются заключить договор купли-продажи недвижимого имущества, указанного в пункте 1.1 настоящего договора, на условиях, определенных в пункте 1.2 настоящего договора.

2. Стороны обязуются заключить настоящий договор в течение 10 (десяти) календарных дней с даты подписания настоящего договора.

3. Настоящий договор вступает в силу с даты его подписания.



Итого пронумеровано,
проиндексировано, скреплено
_____ листов

