

Экз. № \_\_\_\_\_

Федеральное космическое агентство

Федеральное государственное унитарное предприятие  
**"ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР имени М.В. ХРУНИЧЕВА"**

**КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО "САЛЮТ"**

Новозаводская ул., д.18, г. Москва, 121087, тел.: 8-499-749-5030, факс: (495) 797-3394,  
e-mail: salut@khrunichev.com, http://www.khrunichev.ru  
ОКПО 17664075, ОГРН 1027739198090, ИНН/КПП 7730052050/773001001

29.08.2014 № К211/4095

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель генерального директора  
ГКНПЦ им. М.В.Хруничева,  
генеральный конструктор КБ «Салют»,  
д.т.н., профессор

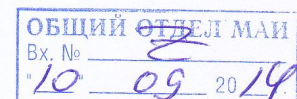


Ю. О. Бахвалов  
2014г.

**ОТЗЫВ**

ведущей организации - конструкторского бюро «Салют» Государственного космического научно-производственного центра им. М.В.Хруничева (КБ «Салют» ГКНПЦ им. М.В.Хруничева) на диссертационную работу Чудиной Юлии Сергеевны «Рабочие процессы в ракетном двигателе малой тяги на газообразных компонентах топлива кислород и метан», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

**Актуальность темы.** Все большую популярность в ракетно-космической промышленности в настоящее время приобретает использование топливной пары «кислород-метан». При применении этой пары топлива в ЖРД больших тяг, целесообразно использовать ее и в двигателях управления – ракетных двигателях малых тяг (РДМТ). В связи с этим, требования сокращения затрат на проектирование и выпуск ракетной



техники на новой паре топлива, подразумевают разработку методик проектирования, которые позволяют в короткие сроки и с наименьшими материальными потерями справиться с поставленной задачей – выпуском новой единицы ракетной техники на топливе «кислород-метан». В диссертационной работе автором разработана трехмерная методика численного моделирования рабочих процессов в РДМТ, позволяющая учесть основные факторы, влияющих на рабочие процессы в РДМТ и определить наиболее подходящую конструкцию смесительной головки и камеры сгорания при использовании газообразного кислород-метанового топлива. Эта методика позволяет сократить или полностью исключить дорогостоящий и длительный этап сравнительных испытаний. Таким образом, тема диссертационной работы является весьма актуальной для решения задач разработки эффективных РДМТ в ракетно-космической отрасли.

### **Структура и содержание диссертации.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка принятых сокращений, списка литературы и приложения. Работа изложена на 167 страницах текста, содержит 21 таблицу, 119 рисунков, список литературы из 60 наименований на 8 страницах и приложения на 6 страницах.

*Во введении* обосновывается актуальность выбранной темы исследования, приведена основная характеристика работы, цели и задачи исследования.

*В первой главе* проводится аналитический обзор работ по изучению возможностей использования топлива «кислород+метан» в ракетной промышленности, сформулированы задачи диссертационной работы.

*Вторая глава* диссертации посвящена описанию объекта исследования. Приводятся конструктивные особенности и схема работы разработанного ракетного двигателя малой тяги.

*Третья глава* – это расчетно-теоретическая часть работы – описание разработанной математической модели и результатов ее тестирования. Проводится верификация математической модели кратковременными экспериментами, после чего сделана наладка модели. Приводится описание используемой математической модели и ход исследования. На основе полученных в данном исследовании результатов проводится дальнейшее экспериментальное исследование. Приведены зависимости характеристик двигателя от соотношения компонентов в ядре потока, расхода газообразного компонента на завесное охлаждение стенки камеры сгорания, схемы подачи компонентов в смесительную головку.

*Четвертая глава* – это описание экспериментальной части работы – описание атмосферного огневого стенда, используемого в ходе испытаний разработанных конструкций. В этой главе также проводится сравнение полученных данных огневых экспериментов и численного исследования. Подчеркивается удовлетворительное согласование численных и натурных экспериментов по значениям температур и по давлениям к камере сгорания.

*В заключении* автор приводит выводы по проделанной работе и выработанные рекомендации по возможному совершенствованию конструкций ракетных двигателей малых тяг для использования газообразных компонентов топлива «кислород-метан».

**Научная новизна полученных результатов работы** заключается в разработанной трехмерной математической модели, результатах тестирования математической модели, которые подтверждаются успешными

экспериментами, в выработанных рекомендациях по конструированию смесительных головок и организации рабочего процесса в РДМТ. В экспериментах использовалась только газообразная завеса для охлаждения стенок камеры сгорания, что приближает исследование к полетным условиям, это является важным пунктом проведенной работы.

### **Значимость полученных результатов.**

Результаты диссертационной работы являются значимыми для развития космической науки. Представленная математическая модель является хорошим инструментом для исследования рабочих процессов в ракетных двигателях малых тяг на газообразных компонентах топлива. Она позволяет провести предварительную оценку правильности выбранных конструкторских решений, оценить основные характеристики двигателя с учетом особенностей конструкции, выбрать режимы работы двигателя для обеспечения удовлетворительно состояния конструкции.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.**

Полученные в ходе численного и экспериментального исследования и представленные в диссертации результаты могут иметь практическое применение в различных конструкторских бюро и предприятиях ракетно-космической промышленности (КБХиммаш им А.М. Исаева, НИИМАШ, ОАО КБХА). Разработанная математическая модель и методика расчета может быть использована на этапе выбора схемы организации рабочих процессов в камере РДМТ и конструкции смесительных головок РДМТ в условиях уменьшения времени на разработку двигателей, сокращения затрат и сохранения требований высоких энергетических показателей.

**Степень обоснованности и достоверность научных положений,** выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертационной работе, обусловлена использованием общеизвестных фундаментальных законов сохранения, последовательным изложением хода исследования и подтверждается результатами экспериментальных исследований. Принятые в работе обозначения и определения являются общепризнанными в ракетной отрасли. Полученные автором результаты прошли апробацию на российских конференциях и научных семинарах.

#### **Замечания по диссертационной работе:**

1. Используемые в математической модели уравнения рассредоточены по тексту третьей главы диссертации, что немного усложняет чтение и понимание особенностей разрабатываемой математической модели.

2. Не проводится сравнение результатов численного исследования с экспериментальными данными других авторов.

3. Не совсем понятно, что подразумевается под эффективностью топлива при рекомендациях использования его, в качестве унифицированного, в объединенной двигательной установке.

Приведенные замечания не снижают общего высокого научного уровня и положительного впечатления о диссертационной работе Чудиной Ю.С..

#### **Общая оценка диссертационной работы.**

Актуальность темы диссертационной работы подтверждена. Материал диссертации в рамках поставленных целей и задач изложен логично, последовательно и аргументировано. Результаты диссертационной работы являются значимыми для развития космической отрасли страны и могут быть

использованы ведущими фирмами ракетно-космической отрасли на этапах разработки.

По теме диссертации автор имеет 7 публикаций, достаточно полно отражающих содержание диссертационной работы, из них 2 работы опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных научных результатов диссертационных работ.

Диссертация по своему направлению соответствует паспорту специальности 05.07.05: «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

### **Заключение.**

Диссертационная работа Чудиной Юлии Сергеевны «Рабочие процессы в ракетном двигателе малой тяги на газообразных компонентах топлива кислород и метан» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенного автором исследования изложены научно обоснованные технические решения по совершенствованию конструкций РДМТ и методические разработки, имеющие существенное значение для развития ракетной отрасли, характеризующиеся новизной и практической полезностью. Диссертационная работа имеет достаточное количество теоретических и практических результатов, снабжена пояснениями, таблицами и рисунками. Основные результаты и выводы отражены в публикациях и автореферате диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа «Рабочие процессы в ракетном двигателе малой тяги на газообразных компонентах топлива кислород и метан» соответствует требованиям и критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ для диссертационных работ на

соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертации – Чудина Юлия Сергеевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Отзыв рассмотрен и согласован на заседании секции НТС КБ «Салют» ГКНПЦ им. М.В.Хруничева, протокол № 3 от « 21 » августа 2014г.

Зам. Генерального конструктора, д.т.н.



Партола

22.08.14  
Игорь Станиславович

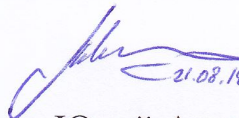
Зам.начальника отдела, к.т.н.



Елисеев

Вячеслав Владимирович

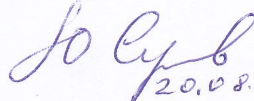
Начальник сектора



Левушкин

21.08.14  
Юрий Александрович

Ведущий инженер-конструктор, к.т.н

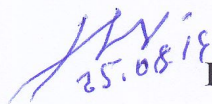


Суслов

20.08.14  
Юрий Григорьевич

Секретарь НТС КБ «Салют»  
ГКНПЦ им. М.В. Хруничева,  
д.т.н., профессор

Бизяев



25.08.14  
Ростислав Владимирович