

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу

Строкача Евгения Александровича на тему
«Численное моделирование рабочего процесса в камере сгорания ракетного
двигателя малой тяги с центробежными форсунками», представленную
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности:
05.07.05 — «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки
летательных аппаратов».

Создание перспективных ракетных двигателей малой тяги (РДМТ) требует решения важных задач повышения надежности и ресурса, что может быть обеспечено при наличии полной информации о рабочем процессе в горячей части двигателя. Достоверное моделирование такого рабочего процесса даёт возможность отразить реальные физические процессы и проследить за поведением параметров, оказывающих непосредственное влияние на работу двигателя и его агрегатов. Построение методики моделирования рабочего процесса в камере сгорания (КС) РДМТ является целью диссертационной работы.

Во введении сформулирована актуальность темы работы. Подчеркивается, что численное моделирование обладает преимуществами по сравнению с другими методами исследования, но для правильного использования необходима верификация по результатам экспериментов. Описываются общие проблемы и перспективы улучшения методик разработки.

Актуальность работы вытекает из необходимости повышения энергетической эффективности РДМТ, а также улучшения методологии разработки РДМТ. Отмечается, что современный процесс проектирования должен опираться в том числе на результаты численного моделирования рабочего процесса в КС РДМТ ввиду преимуществ этого метода перед экспериментальными и эмпирико-аналитическими методами оценки параметров процесса.

Практическая значимость и научная новизна рецензируемой работы определяются проведенным анализом влияния параметров подачи компонентов на полноту сгорания в КС с учетом завесного охлаждения жидким компонентом, применением подхода Эйлера-Лагранжа для моделирования дисперсной фазы и верификацией использования этого метода по экспериментальным данным. Важной частью работы также является предложенная методика «сквозного» проектирования КС и смесительных элементов РДМТ, направленная на упрощение и упорядочивание процесса проектирования.

Обоснованность и достоверность научных положений, представленных выводов и рекомендаций базируются на применении основных уравнений движения сжимаемой среды с учетом достоверных газодинамических и тепловых процессов с использованием средств численного моделирования, что обеспечило сходимость результатов расчетов и эксперимента.

При исследовании физических процессов используются допущения: стенка



КС адиабатическая, продукты сгорания и компоненты топлива являются идеальными газами, применяется метод Эйлера-Лагранжа для моделирования завесного охлаждения, химические реакции протекают бесконечно быстро, расчеты стационарны.

Делается положительный вывод о возможности применения использованных допущений на базе хорошей сходимости с экспериментальными данными – разница не превышает 8,5 %.

В первой главе проведен анализ публикаций по проблеме оценки качества смесеобразования при распыливании жидкого компонента топлива центробежными форсунками. Этот обзор показывает актуальность развития и применения численных методов для моделирования двухфазности, а также комбинированных методов, базирующихся на сопряжении численных и эмпирико-аналитических методов.

В второй главе описывается объект исследования – экспериментальный РДМТ, работающий на топливе керосин-кислород, на примере которого производится исследование рабочего процесса в КС.

В третьей главе проводится численное исследование влияния параметров подачи на эффективность рабочего процесса, выраженную через расходный комплекс и полноту сгорания. Не учитываются материал стенки КС и внешняя среда.

Исследуется влияние скорости подачи, дисперсности (вида распределения капель по диаметрам), среднего диаметра капель (диаметра Заутера). Рассмотрено влияние на расходный комплекс КС параметров завесного охлаждения – скорости подачи и среднего диаметра капель.

Показано значительное влияние как компонентов скорости, так и дисперсности в исследуемых случаях. Выводы и результаты сопровождены объяснением явлений с точки зрения теории.

В четвертой главе проведена верификация модели рабочего процесса сравнением с результатами экспериментального исследования на 12 режимах. Получена хорошая сходимость экспериментальных и расчетных данных, что говорит о возможности применения допущений, моделей физических процессов и расчетной постановки исследования для изучения рабочего процесса. Также предлагается методика «сквозного» проектирования смесительных элементов и КС, основанная на использовании результатов расчета течения в форсунке для численного моделирования рабочего процесса в КС. Отмечается, что процесс течения в форсунке может рассматриваться с помощью различных методов – экспериментального, эмпирико-аналитического или численного. Изучение же рабочего процесса в КС удобно проводить на базе численного моделирования ввиду сложности физических процессов и преимуществ численного моделирования. Существенной деталью методики является принцип разделения алгоритмов оценки качества смесеобразования центробежными однокомпонентными форсунками по числу Вебера, использованием эмпирико-аналитической формулы определения распределения капель по диаметрам.

Положительно оценивая работу в целом, необходимо высказать следующие

замечания:

1. В работе проведено исследование численной сходимости расчетной сетки, однако подробные данные не предоставлены.

2. Указывается, что на основе предварительного исследования для моделирования вторичного дробления выбрана модель каскадного дробления. В этом случае желательно также было предоставить более подробную информацию о проведенном исследовании.

3. Не учитывается сток тепла через стенки КС.

4. Не проводится сравнение на полноразмерной расчетной сетке.

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки работы.

Диссертация Срокача Е.А. является законченной научно-квалификационной работой, включающей в себя совокупность новых научных результатов и положений, их обоснование и применение к практическим задачам проектирования РДМТ. Цель работы достигнута. Диссертация написана технически грамотным языком, содержит логически стройный материал.

Диссертация отвечает требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Строкач Евгений Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Ведущий научный сотрудник

ФГУП «НПО «Техномаш»

канд. техн. наук

«12 » сентябрь 2017 г.


Г.Л. Усов

Подпись Г.Л. Усова заверяю.

Учёный секретарь научно-технического совета,

ФГУП «НПО «Техномаш»

канд. техн. наук




Д.А. Муртазин

Усов Генрих Леонидович, кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник отделения технологии испытаний и неразрушающих методов контроля
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ
«Техномаш» (ФГУП «НПО «Техномаш»)
3-й проезд Марыиной Роши, д. 40, Москва, 127018, а/я 131,
тел. (495) 689 95 33, e-mail: 250@tmipo.ru

СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

Усове Генрихе Леонидовиче

по диссертационной работе Строкача Евгения Александровича
на тему: "Численное моделирование рабочего процесса в камере сгорания ракетного двигателя
малой тяги с центробежными форсунками", представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – "Тепловые, электро-
ракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов"

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, отрасль науки, научная специальность	Место работы, должность	Основные работы по профилю диссертации за последние 5 лет
			1 2 3 4
Усов Генрих Леонидович	кандидат наук, технические науки, специальность 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергостановки летательных аппаратов	Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение «Техномаш», ведущий научный сотрудник	<p>1. Усов Г.Л., Венгерский Э.В., Васин А.С. Метод математического моделирования нестационарных процессов в двигательном отсеке ракеты // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2012. № 1. С. -28-33.</p> <p>2. Усов Г.Л., Венгерский Э.В. Математическая модель заправки топливного бака жидкостной ракетной двигательной установки // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2014 -№ 9 С. - 46-50.</p> <p>3. Венгерский Э.В., Усов Г.Л., Денисова О.И. Метод математического моделирования параметров в системах циркуляции изделий с ЖРД // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2012. № 3. С. - 23-26.</p> <p>4. Усов Г.Л., Венгерский Э.В. Алгоритм и программный модуль взаимосвязи результатов математического моделирования и измерений параметров при стендовых испытаниях Полет // Общероссийский научно-технический журнал. 2015. № 2 (2). С. - 21-23.</p> <p>5. Способ регулирования режима работы жидкостной ракетной двигательной установки: пат. 2 499 906 Рос. Федерация: МПК F02K 9/56 / Васин А.С., Венгерский Э.В., Усов Г.Л.; заявитель и патентообладатель ФГУП «НПО «Техномаш». - № 2012121447/06; заявл. 25.05.2012; опубл.: 27.11.2013, Бюл. №33.</p>

Г.Л. Усов

Сведения об Усове Г.Л. подтверждаю:

Ученый секретарь
НТС ФГУП «НПО «Техномаш»

