

## ОТЗЫВ

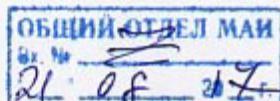
на автореферат диссертации Строкача Е.А. "Численное моделирование рабочего процесса в камере сгорания ракетного двигателя малой тяги с центробежными форсунками", представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов".

Диссертационная работа Строкача Е.А. относится к работам, посвященным вопросам численного моделирования рабочих процессов применительно к высокоэффективным камерам ракетных двигателей малой тяги (РДМТ), работающих на топливах на основе газообразного кислорода и жидкого углеводородного горючего. Решение данных вопросов является важным направлением совершенствования эксплуатационных характеристик ракетной техники, т.к. способствует ускорению перевода двигателей управления средств межорбитальной транспортировки и космических аппаратов на работу на экологически безопасных топливах. Тема диссертации Строкача Е.А. весьма актуальна, поскольку основывается на разработке современного, экономически рационального метода оценки основных характеристик камер сгорания с использованием математического моделирования рабочих процессов.

Целью работы являлось построение методики моделирования рабочего процесса в камере сгорания (КС) РДМТ для разработки высокоэффективных РДМТ, выполненных по схеме «газ-жидкость».

Одной из основных проблем проектирования рассматриваемого в работе класса камер РДМТ является обеспечение высокой полноты сгорания топлива в сочетании с приемлемым тепловым состоянием камеры сгорания при малых геометрических размерах конструкции и малых расходах компонентов топлива. Для успешного решения такой задачи наиболее важным является выбор схемы организации подачи, формирующей взаимное течение, перемешивание и взаимодействие компонентов топлива в камере двигателя.

Автором на базе программного пакета ANSYS CFX разработана математическая трехмерная модель рабочих процессов в камере РДМТ со схемой смесеобразования с двухкомпонентными центробежно-центробежными форсунками жидкого горючего и газообразного окислителя и с отдельной подачей горючего на завесу. Данная модель, в сочетании с использованием методики численного расчета характеристик рабочего процесса в камере сгорания, позволяет установить количественные показатели влияния



геометрических и расходных параметров подачи компонентов топлива в камеру сгорания на эффективность протекания рабочих процессов.

Математическая модель рабочего процесса в РДМТ учитывает процессы распыливания, испарения, горения компонентов топлива, завесного охлаждения жидким компонентом топлива.

С использованием экспериментальных данных, полученных при испытаниях образца РДМТ номинальной тягой 200 Н на топливе газообразный кислород – керосин, показано достижение удовлетворительного совпадения результатов численного расчета с экспериментальными результатами.

Результаты выполненных исследований позволили автору разработать важные практические рекомендации по выбору оптимальных схем организации подачи компонентов топлива в камеру сгорания, а также предложить методику «сквозного» расчета рабочего процесса в камере сгорания с последующей оптимизацией рабочего процесса и смесительных элементов.

К разряду новых и важных результатов диссертационной работы относятся:

- анализ влияния основных параметров ввода компонентов топлива форсунками на полноту сгорания топлива;
- методика моделирования завесного жидкостного охлаждения с помощью подхода Лагранжа-Эйлера и анализ влияния параметров подачи завесного охлаждения на полноту сгорания топлива;
- рекомендации по увеличению полноты сгорания топлива путем оптимизации параметров подачи топлива на примере исследованного РДМТ;
- «сквозная» методика оценки рабочего процесса смесеобразования и сгорания компонентов топлива в КС и последующей оптимизации системы смесеобразования.

Практическая ценность работы состоит в создании достаточно достоверного и доведенного до уровня практического применения расчетного аппарата, позволяющего дополнить или заменить экспериментальные исследования по определению основных характеристик РДМТ.

Можно сделать следующие замечания по содержанию работы:

1. Отсутствие в автореферате иллюстративных материалов, демонстрирующих результаты численного моделирования пространственной структуры рабочего процесса в камере РДМТ, (поля температур, концентраций, траектории капель и т.п.) затрудняет восприятие результатов работы.

2. Из представленных в автореферате материалов не ясно:

- какая конкретно модель турбулентности использовалась, и каким образом учитывалось влияние испаряющихся капель на процессы генерации и диссипации параметров турбулентности газовой фазы;

- учитывался ли перенос дискретной (капельной) фазы в потоке за счет воздействия на них турбулентных пульсаций газа;

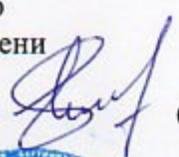
- учитывались ли возможности реализации различных мод индивидуального и группового горения-испарения капель горючего, находящихся в среде газообразного окислителя.

Данные эффекты могут существенным образом влиять на скорость испарения капель и смешение компонентов топлива в двухфазном потоке.

Отмеченные недостатки не снижают ценности основных научных результатов, полученных автором в результате разработки и апробирования математической модели процессов в камере сгорания РДМТ.

По своей новизне, научной значимости и практическим результатам работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Строкач Евгений Александрович, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов".

И.о. заместителя генерального директора по  
качеству, начальник отделения 1 Государственного  
научного центра Российской Федерации -  
федерального государственного унитарного  
предприятия «Исследовательский центр имени  
М.В. Келдыша»,  
кандидат физико-математических наук

  
Сергей Владимирович Мосолов

Почтовый адрес: ул. Онежская, д. 8, г. Москва, Россия, 125438

Контактный телефон: (495) 456-64-85

Адрес электронной почты: kerc@elnet.msk.ru

10.08.2017

Подпись Мосолова С.В. удостоверяю:  
ученый секретарь,  
кандидат военных наук



  
Ю.Л. Смирнов

Почтовый адрес: ул. Онежская, д. 8, г. Москва, Россия, 125438

Контактный телефон: (495) 456-93-12

Адрес электронной почты: kerc@elnet.msk.ru

10.08.2017