



Государственная корпорация
по космической деятельности «Роскосмос»

Государственный научный центр Российской Федерации –
федеральное государственное унитарное предприятие

**«Исследовательский центр
имени М.В.Келдыша»**

(ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»)

Онежская ул, д. 8, г. Москва, Россия, 125438
Тел. +7 (495) 456-4608 Факс: +7 (495) 456-8228
ОКПО 07547339 ОГРН 1027700482303 ИНН/КПП 7711000836/774301001
kerc@elnet.msk.ru; http://www.kerc.msk.ru

30.11.2018 № 48-24/62

на № _____ от _____

Московский авиационный институт.
Ученому секретарю
диссертационного совета Д212.125.08
д.т.н., проф. Зуеву Ю.В.

Волоколамское шоссе, д.4,
г. Москва, А-80, ГСП-3, 125993

Уважаемый Юрий Владимирович!

Направляю Вам отзыв официального оппонента доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника Государственного научного центра Российской Федерации – федерального государственного унитарного предприятия «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша» Черкасова Сергея Гелиевича на диссертационную работу Киктева Сергея Игоревича «Метод оценки прочности деформированного корпуса многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания прямооточного воздушно-реактивного двигателя», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Приложение: отзыв на 5-и листах, 2 экз.

Ученый секретарь
кандидат военных наук

Ю.Л. Смирнов

Исп. Черкасов С.Г.
(495) 456-20-62

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Зх. № 04/12 2018

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертационную работу Киктева Сергея Игоревича
«Метод оценки прочности деформированного корпуса многоканальной
сверхзвуковой камеры сгорания прямоточного воздушно-реактивного
двигателя», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые,
электроракетные двигатели и энергоустановки летательных
аппаратов».

Актуальность темы исследования.

В диссертационной работе Киктева С.И. рассматриваются вопросы, связанные с прочностью корпуса многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя. Данный тип двигателя в настоящее время является перспективным для высокоскоростных летательных аппаратов различного назначения и протекающие в таком двигателе процессы интенсивно изучаются. Поэтому диссертационная работа Киктева С.И. актуальна.

Научная новизна.

К настоящему времени накоплено достаточно много результатов численного моделирования и экспериментальных данных, относящихся к процессам в камере сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя. Для случаев дозвукового и сверхзвукового течения в камере сгорания в этих процессах много общего, однако, есть и различия. Одно из таких различий состоит в том, что в случае сверхзвукового течения в камере могут быть скачки уплотнения, появление которых влечет за собой множество качественно новых эффектов. Один из таких эффектов – появление на стенке камеры локальных мелкомасштабных пространственных неоднородностей в силовых и тепловых нагрузках на стенку. В диссертации Киктева С.И. впервые исследуется влияние этих неоднородностей на прочностные характеристики камеры сгорания. Необходимо отметить, что скачки уплотнения в камере сгорания могут появляться только при наличии в камере сверхзвукового течения, поэтому данный эффект не может

проявиться ни в ЖРД, ни в РДТТ, ни в ПВРД с дозвуковым течением в камере. Поэтому результаты диссертации Киктева С.И. являются новыми не только применительно к ПВРД, но и применительно к ракетным двигателям вообще.

Практическая ценность.

Практическая ценность диссертации состоит в том, что полученные в ней данные и сформулированные рекомендации могут использоваться в процессе проектирования многоканальных сверхзвуковых камер сгорания.

Достоверность.

Научные положения и выводы диссертации являются достоверными, так как они получены либо на основании численного решения автором известных уравнений газовой динамики, прочности и теплообмена, либо на основании проведенных автором экспериментальных исследований.

Структура и содержание диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы. Материал изложен на 139 страницах и включает в себя текст, 105 рисунков и 11 таблиц. Список литературы содержит 90 наименований. Оформление диссертации соответствует требованиям, установленным правилам и стандартам.

Первая глава диссертации представляет собой обзор научно-технической литературы по схемам и компоновкам сверхзвуковых камер сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя, принципам его работы, применяемым и перспективным конструкционным материалам, экспериментальным и теоретическим исследованиям параметров рабочего процесса. На основании проведенного анализа литературных данных сформулированы задачи исследований для диссертации.

Вторая глава посвящена объекту исследования – многоканальной сверхзвуковой камере сгорания. Выполнена аналитическая оценка напряженно-деформированного состояния камеры сгорания с использованием теории пластин и оболочек без учета скачков уплотнения.

В третьей главе диссертации представлены результаты численного моделирования и экспериментальных исследований, посвященных взаимному влиянию дополнительной, вызванной скачками уплотнения, деформации стенки канала камеры сгорания и внутрикамерного сверхзвукового газового потока. Численное моделирование проведено с помощью расчётно-программного комплекса ANSYS. Представлены основные математические модели, использующиеся в системе ANSYS, в том числе модели турбулентности сверхзвукового газового потока. Проведен анализ результатов расчётов, в которых варьировалась скорость и температура сверхзвукового потока на входе в камеру. Экспериментальные исследования проводились в Институте теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН (Новосибирск). Целью проведения экспериментальных исследований было сравнительное изучение пространственной структуры газового потока при обтекании недеформированной и деформированной, под влиянием скачков уплотнения, поверхностей. Проведена верификация расчетных моделей на полученных экспериментальных данных.

В четвертой главе представлен алгоритм оценки прочности корпуса многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания, использующий современные системы автоматизированного проектирования. Предложенный инженерный метод позволяет на ранних стадиях проектирования оценить прочность многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания крупногабаритного ПВРД. Метод основан на предварительных расчётных исследованиях, экспериментальных работах, анализе экспериментальных данных и компьютерных моделях в расчётном комплексе ANSYS.

В пятой главе приведена демонстрационная апробация предложенного в диссертации метода оценки напряженно-деформированного состояния корпуса многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания.

Апробация и публикации.

Результаты диссертационной работы докладывались на 2 международных конференциях (Москва, 2014 г. и 2016 г.) и изложены в 8 публикациях (3 статьи в изданиях из перечня ВАК).

Замечания.

1. В диссертации предлагается следующим образом учитывать взаимное влияние нагрузок на стенку со стороны потока, содержащего скачки уплотнения, и деформаций стенки, вызванных данными нагрузками. Сначала определяются нагрузки для случая обтекания плоской стенки, затем по этим нагрузкам определяются деформации формы поверхности и далее нагрузки уточняются, исходя из того, что поток обтекает уже деформированную стенку. Согласно такой логике, далее следует, с учетом уточненных нагрузок, уточнить деформации, потом, с учетом уточненных деформаций еще раз уточнить нагрузки и т.д. Это означает, что решение задачи надо искать в ходе некоторого итерационного процесса. Однако предложенный в диссертации подход предполагает, что достаточно только одной итерации, хотя это далеко не очевидно.

2. В диссертации не рассматривается случай, когда стенка представляет собой перегородку между каналами многоканальной камеры сгорания и эффекты, обусловленные скачками уплотнения, действуют с обеих сторон стенки.

3. В диссертации показано, что наличие скачков уплотнения может приводить к заметному снижению запаса прочности из-за дополнительных силовых и тепловых нагрузок на стенку. Однако не ясно, силовые или тепловые дополнительные нагрузки вносят в это снижение основной вклад.

Заключение.

В целом, диссертация С.И. Киктева выполнена на высоком уровне, соответствующем ученой степени кандидата технических наук. На основе численного моделирования и экспериментальных методов в диссертации

получены новые научные результаты по влиянию скачков уплотнения на прочность стенки многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя.

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Автореферат и опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации и полученные автором основные результаты.

Считаю, что диссертационная работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (п. 9), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор Сергей Игоревич Киктев заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Доктор физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, профессор, главный научный сотрудник отделения твердотопливных ракетных двигателей Государственного научного центра Российской Федерации – федерального государственного унитарного предприятия «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша»

27 ноября 2018 г.

Черкасов Сергей Гелиевич

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

Контактный телефон: +7 (495) 456-20-62

Адрес электронной почты: sgcherkasov@yandex.ru

Подпись д. ф.-м. н., профессора Черкасова С.Г. удостоверяю:

Ученый секретарь

Государственного научного центра Российской Федерации – федерального государственного унитарного предприятия «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», кандидат военных наук

Ю.Л. Смирнов