



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «ИСКРА»
ИМЕНИ ИВАНА ИВАНОВИЧА КАРТУКОВА»
(АО «МКБ «Искра»)

Ленинградский проспект, д. 35, г. Москва, Россия, 125284
Тел.: (495) 945-43-59, факс (495) 945-19-51 E-mail: info@iskramkb.ru
ОКПО 07539216 ОГРН 1027714027395 ИНН/КПП 7714288059/771401001

Joint stock company «Machine building designers, bureau «Iskra»
in the name of Ivana Ivanovicha Kartukova» (JSC «MBDB «Iskra»)

35, Leningradsky avenue, Moscow, Russia, 125284

Phone: (495) 945-43-59
Fax: (495) 945-19-51

23.11.18, № 1/6370

на № _____ от _____

Председателю диссертационного совета
Д 212.125.08 на базе ФБГОУ ВО
«Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет)» (МАИ)

Ю.А. Равиковичу

Волоколамское ш., д.4,
г. Москва, А-80, ГСП-3, 125993
Тел./факс: +7 (499) 158-29-77

Уважаемый Юрий Александрович!

Направляю Вам отзыв официального оппонента заместителя главного конструктора по НИР АО «МКБ «Искра» кандидата технических наук, доцента Норенко Александра Юрьевича на диссертацию Киктева Сергея Игоревича «Метод оценки прочности деформированного корпуса многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя», представленную в диссертационный совет Д 212.125.08 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Приложение: Отзыв, в 2-х экз., экз. №1, №2, на 5 л. каждый, не секретно.

С уважением,

Главный конструктор

М.Д. Граменицкий

О Т З Ы В

официального оппонента

кандидата технических наук, доцента Норенко Александра Юрьевича на диссертацию Киктева Сергея Игоревича «Метод оценки прочности деформированного корпуса многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя», представленную в диссертационный совет Д 212.125.08 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Оснащение высокоскоростных летательных аппаратов (ВЛА) с внутриатмосферной зоной эксплуатации сверхзвуковыми прямоточными воздушно-реактивными двигателями (СПВРД) позволит решить важную задачу достижения скоростей, значительно превосходящих скорость звука, и, в частности, гиперзвуковых значений. Однако создание СПВРД предусматривает решение ряда сложнейших научно-технических проблем, одной из которых является преодоление негативных последствий воздействия сверхзвукового высокотемпературного потока продуктов сгорания топлива на внутреннюю поверхность стенки камеры сгорания (КС) с учетом аэродинамического нагрева конструкции.

Диссертация Киктева С.И. посвящена разработке метода оценки прочности деформированного корпуса многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя. В работе обоснована необходимость проведения оценки прочности многоканальных сверхзвуковых КС для крупногабаритных прямоточных воздушно-реактивных двигателей (ПВРД) на ранних стадия проектирования, так как при разработке сверхзвуковых камер сгорания основной проблемой является необходимость анализа взаимодействия внутрикамерного сверхзвукового газового потока и стенок. Автором предложен метод, который позволяет проводить оценку прочности многоканальной сверхзвуковой КС на стадии раннего проектирования. В связи с изложенным тема диссертации представляется весьма **актуальной**.

Диссертационная работа Киктева С.И. выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, содержит 105 рисунков, 11 таблиц и 90 библиографических ссылок.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № _____
" 27 / 11 / 2018

Введение содержит обоснование актуальности темы диссертации, цели и задачи исследования, подтверждение научной новизны полученных результатов, описание предмета, объекта, методологии и методов исследования, достоверности научных положений, теоретической и практической ценности, положений, выносимых на защиту, а также соответствие диссертации другим критериям Положения о присуждении ученых степеней.

Глава 1 посвящена описанию основные теоретических схем и компоновок СПВРД. Указаны проблемы, возникающие при математическом моделировании и экспериментальных исследованиях течений сверхзвукового газового потока в КС. Представлен обзор современных конструкционных материалов, используемых при производстве СПВРД. Выполнен анализ экспериментальных исследований в области течения сверхзвукового потока в каналах прямоугольного сечения.

В **главе 2** описывается объект исследования. Здесь приводится аналитический метод оценки прочности корпуса многоканальной сверхзвуковой КС. На основе анализа полученных результатов спроектированы и изготовлены модели, с помощью которых можно провести оценку влияния деформации корпуса на структуру течения сверхзвукового газового потока.

Глава 3 содержит 2 части. В *первой части* главы проводятся численно-расчётные исследования, посвященные оценке влияния деформации стенки канала на структуру течения сверхзвукового газового потока. Дается обоснование выбора моделей турбулентности. Приводятся результаты численного моделирования в системе ANSYS. Во *второй части* главы описаны изготовленные модели, имитирующие деформированную стенку канала камеры сгорания. Проведены экспериментальные исследования изменения структуры течения сверхзвукового газового потока в зависимости от геометрической формы и величины деформации стенки модели. Представляет интерес полученный автором эффект, который связан с перераспределением системы нагрузок, действующей на стенку канала и зависящей от степени ее деформированности. В главе проведена верификация расчётных моделей, которая показала высокий уровень сходимости результатов численного и экспериментального исследований.

В **главе 4** описаны методы, по которым проводится определение напряженно-деформированного состояния (НДС) КС СПВРД. Представлен разработанный автором метод и описан алгоритм, позволяющий выполнить

оценку прочности деформированного корпуса многоканальной сверхзвуковой КС, используя современные системы автоматизированного проектирования.

В главе 5 проводится апробация, разработанного автором метода исследования НДС конструкции корпуса сверхзвуковой КС. Даны рекомендации по проектированию крупногабаритной многоканальной сверхзвуковой КС.

Целью работы является разработка метода, позволяющего провести оценку прочности корпуса сверхзвуковой многоканальной КС СПВРД с учетом его деформации от давления сверхзвукового газового потока и составление рекомендаций по проектированию.

Для достижения цели автором были сформулированы и решены следующие **научные задачи**:

1. Определение деформации корпуса КС СПВРД в зависимости от действия статических и тепловых нагрузок.
2. Оценка влияния деформации корпуса КС на изменение структуры течения сверхзвукового потока с использованием программного комплекса ANSYS.
3. Разработка и изготовление модели для проведения экспериментальных исследований по оценке влияния деформации корпуса КС на изменение структуры течения сверхзвукового потока, определяющего систему нагрузок, действующих на внутреннюю поверхность КС.
4. Проведение экспериментальных исследований и формирование системы действующих нагрузок в зависимости от структуры газового потока.
5. Верификация результатов численных и экспериментальных исследований.
6. Разработка инженерной методики и алгоритма по оценке прочности деформированного корпуса сверхзвуковой многоканальной КС.
7. Практическая реализация созданной методики посредством определения прочности сверхзвуковой многоканальной КС в диапазоне параметров, соответствующих крупногабаритным СПВРД.

В экспериментальных исследованиях автором использованы современные средства регистрации. Параметры представлены в безразмерном виде, что даёт возможность использовать полученные результаты для других

камер аналогичной геометрии. Методы исследования соответствуют современному уровню разработки КС для создания СПВРД.

Достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, выносимых на защиту, подтверждается использованием известных фундаментальных физических законов для решения поставленной задачи; детальным тестированием разработанных численных методов и алгоритмов; сравнением полученных результатов с экспериментальными данными.

Новизна полученных результатов заключается в следующем:

- разработан инженерный метод и алгоритм по оценке прочности деформированного корпуса сверхзвуковой многоканальной КС СПВРД;
- спроектированы и изготовлены экспериментальные модели, имитирующие деформированную поверхность стенки канала сверхзвуковой многоканальной КС;
- получены результаты расчётно-теоретических и экспериментальных исследований по оценке воздействия сверхзвукового газового потока на деформированный корпус КС;
- выработаны рекомендации по проектированию сверхзвуковых многоканальных КС прямоточного воздушно-реактивного двигателя.

Практическая ценность работы заключается в возможности использования метода и рекомендаций при создании многоканальных сверхзвуковых КС разработчиками современных СПВРД.

Содержание автореферата в целом отражает научные положения, выводы и рекомендации диссертации.

Апробация. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на 2 международных научно-технических конференциях.

Публикации. Результаты исследований отражены в 8-ми научных трудах автора, 3 из которых опубликованы в рецензируемых изданиях перечня ВАК.

В качестве замечаний и недостатков диссертации следует отметить:

1. В диссертации не приводится подробный сравнительный анализ существующих вариантов конструктивно-компоновочных схем перспективных СПВРД.
2. В диссертации не показана область применимости полученного метода оценки НДС корпуса КС СПВРД с точки зрения использования жидкого или твердого ракетного топлива.

3. В работе в должной степени не рассмотрено влияния турбулентности потока продуктов сгорания на результаты численного моделирования.
4. В диссертации и автореферате присутствуют орфографические и стилистические ошибки.

Отмеченные недостатки носят частный характер и не снижают научную и практическую ценность диссертационной работы.

В целом считаю, что диссертация Киктева С.И. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Автором решена важная научная задача, имеющая существенное значение для создания сверхзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателей для высокоскоростных летательных аппаратов.

Работа отвечает требованиям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а её автор, Киктев Сергей Игоревич, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Официальный оппонент

кандидат технических наук, доцент, заместитель
главного конструктора по НИР Акционерного
общества «Машиностроительное конструкторское
бюро «Искра» имени Ивана Ивановича Картукова

А.Ю. Норенко

«22» ноября 2018 г.

Норенко Александр Юрьевич

Адрес: 127287, г. Москва, Петровско-Разумовский проезд, дом 28

Телефон: (495) 945-43-59, (495) 614-00-52

E-Mail: info@iskramkb.ru

Веб-сайт: www.iskramkb.ru

Подпись А.Ю. Норенко заверяю:

Начальник отдела кадров
АО «МКБ «Искра»



С.В. Скакун