



«Ленинец»
Холдинговая компания
Открытое акционерное общество
**«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ГИПЕРЗВУКОВЫХ СИСТЕМ»**

Россия, 196066, Санкт-Петербург, Московский проспект, 212
Факс: (812) 371-01-54 Телефон: (812) 371-01-54 E-mail: mail@hypersonics.ru

16.11.2018 № _____ 87/98 На № _____ от _____

Председателю диссертационного совета
Д 212.125.08 на базе Московского
авиационного института (национального
исследовательского университета)
доктору технических наук, профессору

Равиковичу Ю.А

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

Уважаемый Юрий Александрович!

Направляю Вам отзыв Открытого акционерного общества «Научно-исследовательское предприятие гиперзвуковых систем», выступающего в качестве ведущей организации по диссертационной работе Киктева Сергея Игоревича на тему «Метод оценки прочности деформированного корпуса многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 — «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» и представить официальный отзыв.

Приложение: Отзыв ведущей организации в 2-х экз. на 8 листах каждый

Генеральный директор – главный
конструктор ОАО «НИПС»



А.Л. Куранов

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № _____
27 11 2018



« Ленинец »
Холдинговая компания
Открытое акционерное общество
**«Научно-исследовательское предприятие
гиперзвуковых систем»**

Россия, 196066, Санкт-Петербург, Московский проспект, 212
Факс: (812) 371-01-54 Телефон: (812) 371-01-54 E-mail: mail@hypersonics.ru

16.11.2018


№ 87/99

На №

от

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор - главный конструктор
ОАО «Научно - исследовательское
предприятие гиперзвуковых систем»
доктор технических наук


Куранов Александр Леонидович
« 16 / 11 / 2018 г. »

ОТЗЫВ

ведущей организации Открытого акционерного общества «Научно-исследовательское предприятие гиперзвуковых систем» на диссертацию Киктева Сергея Игоревича «Метод оценки прочности деформированного корпуса многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Представленная диссертационная работа Киктева С.И. выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва. Диссертация имеет следующие разделы: введение, пять глав, заключение, список литературы.

Работа Киктева С.И. написана на 139 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения, включает 105 рисунков, 11 таблиц и 90 библиографических ссылок.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
x. № 27 / 11 / 2018

Первая глава посвящена обзору отечественной и зарубежной литературы по сверхзвуковым камерам сгорания. Представлены особенности и преимущества конструктивных схем сверхзвуковых камер сгорания. Сделан обзор различных конструктивных схем, рассмотрены особенности рабочего процесса, моделирование внутрикамерных процессов, экспериментальные исследования в области течения сверхзвукового потока в цилиндрических и прямоугольных каналах.

Во второй главе представлена многоканальная сверхзвуковая камера сгорания прямооточного воздушно-реактивного двигателя, являющаяся объектом исследования. Рассматриваются способы аналитической оценки прочности корпуса сверхзвуковой многоканальной камеры сгорания прямооточного воздушно-реактивного двигателя, предназначенного для высокоскоростных летательных аппаратов. Представлен типичный проточный тракт крупногабаритного двигателя, состоящий из системы прямоугольных каналов переменного сечения. Приводятся результаты расчетов напряженно-деформированного состояния отдельных участков камеры сгорания на базе теории пластин и оболочек.

В первой части третьей главы приведены расчётно-теоретические исследования влияния деформации корпуса камеры сгорания на структуру сверхзвукового газового потока. Спроектированы расчётные модели для численного анализа влияния деформированной поверхности на структуру потока. Модели имеют деформированную и недеформированную поверхности. Результаты численно-теоретического исследования подтверждают значительное влияние деформированной поверхности на: структуру газового потока в канале; изменение значений статического давления, действующего на стенку канала; образование новой системы распределения нагрузок.

Вторая часть третьей главы посвящена экспериментальным исследованиям, проведенным на установке кратковременного действия «Стенд сверхзвукового горения» ИТПМ СО РАН (г. Новосибирск), в которых автор при-

нимает непосредственное участие. Проводилось сравнение параметров газового потока между стенками прямоугольного канала, имеющего деформированную и недеформированную поверхности. Установлено, что деформация стенки приводит к существенным изменениям структуры течения в канале. В отрывных зонах устанавливаются различные значения статического давления. При горении повышается давление на стенке камеры сгорания и увеличивается зона отрыва газового потока. После завершения экспериментальных исследований проведена верификация расчётных моделей, имитирующих деформированный корпус сверхзвуковой многоканальной камеры сгорания. Структура течения, полученная при численном моделировании, незначительно отличается от экспериментальных данных.

В четвертой главе представлен метод расчёта прочности корпуса камеры сгорания крупногабаритного СПВРД, имеющего прямоугольную площадь сечения, с использованием систем автоматизированного проектирования. Разработанный инженерный метод позволяет найти прочностные характеристики корпуса многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания. Он основывается на предварительных численных исследованиях, выполненных в расчётном комплексе ANSYS и экспериментальных работах, посвященных исследованию взаимного влияния между деформированной поверхностью тракта и, обтекающего сверхзвукового газового потока. Методика позволяет проводить последовательные расчёты прочности учитывая: недеформированный тракт, изменение нагрузки при взаимодействии деформированного тракта со сверхзвуковым потоком, и деформируемый тракт.

В пятой главе приведена практическая реализация указанного метода по оценке НДС деформированного корпуса сверхзвуковой многоканальной камеры сгорания перспективной конструкции.

В результате численного моделирования течения в канале были определены факторы, оказывающие наибольшее влияние на изменение структуры воздушного потока. Такими факторами являются: ширина канала, высота ка-

нала, толщина стенки канала. Установлено, что в деформированной конструкции образуется новая система нагрузок, в сравнении с недеформированной конструкцией, что приводит к снижению коэффициента запаса прочности конструкции.

Актуальность темы диссертации. Диссертация посвящена решению задач, связанных с разработкой летательных аппаратов, для которых в качестве энергетической установки используется сверхзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель.

Тема диссертационного исследования является весьма актуальной, поскольку в последние десятилетия ускоряются темпы развития аэрокосмической промышленности и для сохранения этих темпов необходимо улучшать и совершенствовать методы расчетного и экспериментального моделирования энергоустановок. Если у разработчиков сверхзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателей есть в наличии математические модели и инженерные методики, основанные на расчётных и экспериментальных исследованиях, позволяющие с достаточной степенью точности определять рабочие параметры энергоустановок и их элементов, то затраты по времени, материальным средствам и ресурсам для создания новых высокоскоростных летательных аппаратов существенно сокращаются, что приводит к улучшению их качества.

Поэтому разработка метода оценки прочности многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя является актуальной и важной.

Научная новизна результатов работы. Научная новизна полученных лично автором результатов заключается в разработке инженерного метода и алгоритма по оценке прочности корпуса СПВРД и рекомендаций по проектированию сверхзвуковых многоканальных камер сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя. В соответствии с поставленными в работе задачами, автором получены следующие научные результаты:

1. Рекомендации по проектированию многоканальных камер сгорания СПВРД, полученных в результате проведения подробных расчётных и экспериментальных исследований.

2. Результаты расчётно-теоретических и экспериментальных исследований по оценке влияния геометрической формы и величины деформаций корпуса камеры сгорания на структуру течения сверхзвукового газового потока.

3. Получен инженерный метод и алгоритм по оценке прочности деформированного корпуса сверхзвуковой многоканальной камеры сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя

Практическая значимость работы определяется тем, что подтверждена перспективность и целесообразность дальнейшего исследования прочности сверхзвуковых многоканальных камер сгорания для крупногабаритных высокоскоростных летательных аппаратов различного назначения. Даны рекомендации по проектированию сверхзвуковых многоканальных камер сгорания. Разработан инженерный метод для оценки прочности корпуса многоканальной камеры сгорания для высокоскоростных летательных аппаратов.

Достоверность.

Достоверность научных положений и полученных автором результатов подтверждается тем, что результаты расчетов в программном комплексе ANSYS сопоставлены с экспериментальными данными. Сопоставление показало удовлетворительное согласование результатов, что свидетельствует о высокой степени достоверности и обоснованности представленных в диссертации новых научных результатов.

Результаты исследований, представленные в диссертации, изложены в трех трудах, рекомендованных списком ВАК, а также докладывались на двух международных конференциях.

Диссертационную работу Киктева С.И. характеризует высокий научный уровень, актуальность тематики, практическая ценность и новизна.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Отметим следующие значимые результаты работы:

- разработан инженерный метод и сформирован алгоритм, позволяющие на ранних стадиях проектирования проводить оценку прочности деформированной многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания при взаимодействии с внутрикамерным сверхзвуковым потоком;

- выполнены расчётно-теоретические исследования в программном комплексе ANSYS, показывающие появление при его деформации локальных зон увеличения статического давления и скорости внутрикамерного газового потока, приводящих к увеличению эквивалентных напряжений в стенке канала камеры сгорания;

- по разработанному методу с применением программного комплекса ANSYS выполнены расчёты НДС перспективного корпуса сверхзвуковой многоканальной камеры сгорания в диапазонах параметров, соответствующих крупногабаритным конструкциям, показавшим снижение запаса прочности многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания.

Работа Киктева С.И. представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Материал изложен понятным языком и хорошо структурирован, обозначен личный вклад автора в результаты исследований.

Разработанный метод оценки прочности и результаты анализа взаимодействия сверхзвукового внутрикамерного газового потока со стенкой канала камеры сгорания обладают большой практической значимостью. Рекомендации по проектированию многоканальной сверхзвуковой камеры сгорания и созданный метод могут быть применены в работах предприятий аэрокосмической промышленности (ИТПМ СО РАН им. С.А. Христиановича, АО «МКБ «Искра» им. И.И. Картукова», АО «Корпорация «МИТ», и др.) по проектированию сверхзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двига-

телей. В настоящий момент новые научные результаты, полученные Киктевым С.И., внедрены в МАИ и ИТПМ СО РАН им. С.А. Христиановича.

Замечания и рекомендации по диссертационной работе.

Необходимо обратить внимание на следующие положения диссертации, к которым имеются замечания:

1. Большинство расчетов, проведенных автором, не оптимизировано. Кроме того, не исследована возможность дополнительного сокращения компьютерного времени за счет огрубления расчетных сеток в областях, существенно не влияющих на результаты численных расчетов в рамках поставленных задач. Рекомендуется также провести более тщательные параметрические исследования влияния степени сгущения сетки в области пограничных слоев.

2. В работе явным образом не выделены выводы, полученные автором в каждой главе.

3. Автором не определено минимально допустимое число Маха, при котором возможна стабильная работа исследуемой камеры сгорания.

Указанные недостатки не влияют на высокий и современный научный уровень диссертации, ей присущи большая степень научной новизны и она является практически значимой.

Выводы:

В целом диссертация Киктева С.И. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Автором решены важные научные задачи, имеющие существенное значение для ракетного двигателестроения, такие как: уменьшение затрат на проведение экспериментальных исследований, определение направлений совершенствования сверхзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателей, разработка рекомендаций по проектированию сверхзвуковых многоканальных камер сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя и др.

Диссертация отвечает всем критериям, установленным Положением 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.

Диссертационная работа рассмотрена на заседании НИО-1, отзыв одобрен на заседании Научно-технического совета Открытого акционерного общества «Научно-исследовательское предприятие гиперзвуковых систем». Протокол от 16 ноября 2018 года №6.

Заместитель генерального директора по науке
кандидат технических наук

А.А. Саваровский

Зам. начальника НИО-1
кандидат физико-математических наук

С.В. Колосенок

Ученый секретарь НТС
кандидат физико-математических наук

А.В. Корабельников