



Госкорпорация «РОСКОСМОС»
 Федеральное казенное предприятие
 "Научно-испытательный центр
 ракетно-космической промышленности"



ФКП «НИЦ РКП»

Бабушкина ул., 9 д., г.Пересвет, Сергиево-
 Посадский р-н, Московская обл., Россия,
 141320,

Тел. (496)546-3321. Телекс 846246 АГАТ
 Факс (496)546-7698, (495)221-6282(83)
 E-mail: mail@nic-rkp.ru

Утверждаю

Первый заместитель генерального
 директора по научно-исследовательским и
 опытно-конструкторским работам
 канд. техн. наук, доцент

Handwritten signature

В.Н. Кучкин



2017 г.

От _____ № _____

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Заранкевича Ильи Андреевича «Численное и экспериментальное моделирование процессов в двухфазном жидкостно-газовом эжекторе применительно к испытаниям реактивных двигателей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.07.05 — «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Разработка и модернизация ракетных и авиационных двигателей требует их экспериментальной отработки с имитацией натуральных условий эксплуатации для подтверждения расчетных параметров. В частности, для огневых стендовых испытаний жидкостных ракетных двигателей (ЖРД), предназначенных для верхних ступеней ракет и разгонных блоков космического назначения, необходимо специальное стендовое оборудование, которое должно обеспечить имитацию высотных условий работы камер сгорания с большой степенью расширения сопел. В стендовой практике для создания разрежения в испытательных камерах при высотных испытаниях применяются струйные аппараты – эжекторы. Перспективным является применение двухфазных жидкостно-газовых эжекторов для повышения эффективности проведения высотных испытаний реактивных двигателей. В настоящее время недостаточно теоретических и

ОБЩИЙ ОУДЕЛ МАИ
 Вх. № _____
 " 7 " 12 20 17

экспериментальных работ, связанных с исследованием влияния дисперсности рабочего тела на удельные параметры двухфазного эжектора.

Диссертационная работа Заранкевича Ильи Андреевича посвящена актуальным вопросам повышения эффективности стендового оборудования и снижения материальных затрат при проведении испытаний реактивных двигателей и их агрегатов путем совершенствования разработки двухфазных жидкостно-газовых струйных эжекторов (ЖГСА).

Научная новизна и практическая значимость работы

Автором проведен анализ влияния дисперсности рабочей жидкости смесительного элемента эжектора на удельные параметры ЖГСА.

Разработана методика численного моделирования рабочего процесса жидкостно-газового двухфазного эжектора в пакетах прикладных программ гидрогазодинамики с учетом параметров струи.

Проведена оценка погрешности экспериментальных данных и сравнение их с результатами численного моделирования процессов в двухфазном жидкостно-газовом эжекторе.

Даны рекомендации по моделированию двухфазных ЖГСА для повышения эффективности проведения высотных испытаний РД.

Полученные экспериментальные данные позволяют снизить габариты и энергетические затраты струйных аппаратов при проведении испытаний ЖРД и РД без снижения их производительности. В работе показана возможность использования пакетов прикладных программ ANSYS и модуля CFX для расчета двухфазных жидкостно-газовых струйных аппаратов без потери точности определения характеристик двухфазного эжектора.

Достоверность результатов и обоснованность научных положений обеспечена учетом наиболее важных газодинамических процессов в двухфазном эжекторе, применением сертифицированного коммерческого средства численного моделирования (ANSYS CFX), хорошей сходимостью расчетов и экспериментов.

Общие сведения о диссертационной работе

Диссертационная работа Заранкевича И.А. состоит из введения, трех глав, заключения, списка условных обозначений, списка использованных источников. Объем диссертации составляет 101 страницу, список источников включает 183 ссылки.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель и задачи исследования, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен обзор литературных источников, посвященных исследованиям двухфазных жидкостно-газовых эжекторов с учетом применения в авиационной и ракетной технике и общей промышленности.

Во второй главе описан объект исследования, граничные условия, используемые математические модели, примененные при численном моделировании процессов, происходящих в двухфазном жидкостно-газовом эжекторе. Приводится реализация численного моделирования в ANSYS CFX, а также результаты расчетно-теоретического исследования.

В третьей главе описан экспериментальный стенд, дается описание последовательности проведения экспериментов, а также представлены основные результаты испытаний разработанного двухфазного эжектора. Приводятся рекомендации и предложения по проектированию и организации работы струйного аппарата.

В заключительной части диссертации приведены **выводы и рекомендации**.

По теме диссертации представлены доклады на семи всероссийских и международных конференциях, а основные результаты диссертации опубликованы в 3 рецензируемых журналах

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Считаем необходимым высказать следующее замечание по работе.

1 Название раздела 2 диссертации “Численное моделирование эжектора с двухфазным рабочим телом с применением методов конечных элементов”. Вообще говоря, в CFX применяется метод конечных объемов, а термин метод конечных элементов относится к расчетам напряженно-деформированного состояния твердых тел.

2 В диссертации написано, что для расчетов принята “многофазная модель Эйлер-Эйлера”. Далее приводится уточнение - “В рамках модели Эйлер-Эйлера, используется модель смешения элементарных фазовых объемов или модель свободной межфазной поверхности”. Из дальнейшего описания с очень большим трудом можно понять, что из имеющихся моделей пакета CFX, имелась ввиду модель многофазной смеси, в которой свободная межфазная поверхность – интерфейс не рассматривается. Очень небрежное описание методов расчета затрудняет оценку результатов расчетов, получаемых в рамках выбранной модели.

3 Один из пунктов постановки задачи - “Разработка наименее ресурсоемкой методики численного моделирования основных параметров работы двухфазного жидкостно-газового эжектора в пакетах прикладных программ гидрогазодинамики.” Однако, по нашим оценкам, расчеты подобной задачи на сетке из 17,7 млн. ячеек требуют

компьютера с оперативной памятью порядка 32 Гб, 16 ядерного процессора и, поскольку солвер нестационарный, время расчета составит порядка 100 часов.

Детальный расчет двухфазного течения в области выхода жидкости из форсунки и внутри сверхзвуковой камеры смешения эжектора, которая обладает радиальной симметрией, можно было провести на двумерной сетке с 30 – 300 тыс. ячеек. Это позволило бы с небольшими компьютерными ресурсами достоверно посчитать все поля параметров и рассчитать коэффициент эжекции, и далее оптимизировать геометрические и режимные параметры эжектора.

Если не проводилась оценка влияния модели турбулентности на результаты расчетов, то какой смысл был измельчать сетку в районе стенки и рассматривать распределение Y^+ ?

Не приведен общий вид расчетного объема, не приведены также параметры солвера, соответственно, нет оценки порядка точности, с которым проводились расчеты.

4 Нет возможности сравнить рассчитанные и измеренные распределения концентрации жидкой фазы, хотя бы для качественной оценки. За сверхзвуковой камерой смешения расчеты проводились, но данные не приведены, как нет и экспериментальных данных. Приведены фотографии факела распыла форсунки (без сверхзвуковой камеры смешения), но нет расчетов.

5 Небрежное оформление диссертации:

- Рисунок 7, имеющийся в автореферате, в диссертации отсутствует, хотя эти данные приведены на рис. 55-58 в диссертации и на рис. 10. автореферата.
- В автореферате приведено, что при испытаниях измерение дисперсности потока определялось методом малоуглового рассеивания, однако в диссертации нет данных, полученным этим методом.
- Нет ссылки на рисунок 48.
- На рисунке 14 автореферата отсутствует легенда к графику КПД полноразмерного эжектора спроектированного с применением численного моделирования.


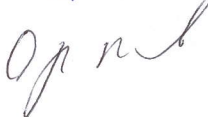
Отмеченные замечания не снижают в общем положительной оценки работы и не влияют на основные результаты.

Диссертационная работа отвечает требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Заранкевич Илья Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности

05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Отзыв на диссертационную работу Заранкевич Илья Андреевич рассмотрен и одобрен на заседании секции «С» научно-технического совета ФКП «НИЦ РКП», протокол № 8 от 29 ноября 2017 г.

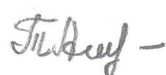
Главный научный сотрудник
доктор технических наук, профессор

А.Г. Галеев

Старший научный сотрудник
кандидат технических наук

В.А. Орлов

07.12.2017  -