

Отзыв

официального оппонента, кандидата технических наук Моллесон Галины Васильевны, ведущего научного сотрудника ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского» на диссертационную работу Антоновского Ивана Владимировича «Исследование формирования двухфазных газокапельных струй», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Диссертационная работа Антоновского И.В. посвящена актуальной теме по исследованию устройств формирования двухфазных газокапельных струй, которые применяются для создания тяги двухсредных аппаратов: реактивных и гидрореактивных двигателей, организации высотных испытаний авиационной и ракетной техники, для распыливания топлива и организации процессов в камере сгорания двигателей. Широкие возможности применения таких струй, недостаточная проработанность темы (отсутствие работ по альтернативным решениям) и возможность снижения материальных затрат на создание и работу устройства обеспечивают актуальность данной темы. Также актуальность диссертации может быть обусловлена возможностью создания альтернативных устройств формирования газокапельных струй с высокой концентрацией конденсированной фазы, обеспечивающих лучшие характеристики и необходимостью создания методов расчета новых альтернативных устройств формирования двухфазных струй.

Диссертация представляет собой рукопись объёмом 147 страниц печатного текста, включая 122 рисунка, 8 таблиц, а также список цитируемой литературы, содержащий 137 наименований. Работа состоит из введения, четырёх разделов, заключения и списка использованных источников.

Во **введении** обосновывается актуальность работы, формулируются цели и задачи, научная новизна, значимость результатов работы, методы исследования, пути реализации и внедрения результатов работы, личный вклад соискателя, даются сведения об апробации работы и публикациях автора.

В **первом разделе** представлен обзор работ, посвященных смесительным устройствам и формированию струй с двухфазным рабочим телом. Условно устройства, создающие двухфазные струи, рассматриваемые в работе, разделяются на две категории:

- 1) смесительные устройства
- 2) эжекторные устройства.

Во **втором разделе** описана установка для экспериментального исследования двухфазных течений. Параметры по расходам и давлениям газовой и жидкой фазы при их смешении задавались с учетом получения газокапельного режима. Экспериментальная установка оснащена лазерно-оптическими методами измерения параметров двухфазных сред в 2-х мерном и 3-х мерном изображениях.

В **третьем разделе** представлены результаты исследования смесительного устройства закрытого типа с двухфазным рабочим телом газокапельной структуры. Выполнена работа по исследованию конструктивных особенностей сопел на структуру двухфазной струи. Оптимальные параметры системы были получены в зависимости от толщина стенки, длина канала, число отверстий и их диаметра. Все испытания проводились на одном режиме по расходу и давлению газа и жидкости.

Было представлено сравнение смесителя с двухфазным рабочим телом со смесителем с



однофазным рабочим телом, работающих на одинаковых режимах. Показаны сравнительные скорости частиц двухфазного потока на расстоянии 100 и 250 мм от среза смесителей. По результатам исследования был сделан вывод, что использование двухфазного рабочего тела является эффективным способом улучшения характеристик форсунок.

Четвертый раздел посвящен теоретическому и экспериментальному исследованию течения в эжекторе с двухфазным рабочим телом. В качестве математической модели рассматривалась двухскоростная, двухтемпературная модель, позволяющая учесть межфазное взаимодействие в двухфазном потоке, связанное с термической и динамической неравновесностью фаз. Было проведено исследование с целью получения максимальной скорости жидкости на выходе из эжектора, при сохранении бездиффузорной (цилиндрической) формы канала эжектора. Также было проведено численное сравнение эффективности двух эжекторов с двухфазным рабочим телом и смесителями с однофазным и двухфазным рабочим телом, основываясь на разработанную модель оптимизации камеры смешения эжектора.

Сравнительная оценка результатов показала, что эжектор с двухфазным рабочим телом и со смесителем с двухфазным рабочим телом позволяет повысить КПД эжектора примерно на 20 %.

В заключении сформулированы основные выводы диссертационной работы.

Диссертационная работа Антоновского И.В. выполнена на высоком научно-техническом уровне, характеризуется новизной и практической направленностью исследований. Следует отметить следующие пункты, которые отражают **научную новизну** диссертационной работы:

1. Предложены новые устройства формирования двухфазных газокапельных струй с высокой концентрацией конденсированной фазы различного применения: смесители закрытого типа с газокапельной структурой в камере смешения, эжектор с двухфазным рабочим телом высокой концентрации конденсированной фазы и профилированной камерой смешения, исключающей использование диффузора в системе эжектора.

2. Впервые предложена параметрическая модель оптимизации процесса в камере смешения эжектора, автоматически удовлетворяющая граничным условиям.

На основании изложенного можно сделать вывод о том, что диссертационная работа Антоновского И.В. выполнена в рамках весьма актуальной тематики и содержит новые научные и технические результаты, которые будут способствовать успешному созданию новых устройств формирования двухфазных газокапельных струй.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в том, что были:

1. Предложены новые устройства формирования двухфазных газокапельных струй, которые могут быть использованы при организации рабочего процесса в реактивных двигателях:

смесители закрытого типа с газокапельной структурой в камере смешения, позволяющие снижать давление подачи топлива в камере сгорания;

эжекторы, позволяющие формировать газокапельные струи, и при использовании в реактивных двигателях иметь повышенный до 20% КПД.

2. Сформулирована математическая модель двухфазного потока, разработаны алгоритмы и численные коды, позволяющие провести параметрические исследования основных характеристик эжектора.

3. Согласование теоретических и экспериментальных исследований подтверждает

выводы о возможностях и характеристиках предложенных устройств и расширяет диапазон использования подобных систем.

Достоверность и обоснованность научных результатов работы обуславливается удовлетворительным совпадением теоретических и экспериментальных результатов, полученных с использованием современных лазерно-оптических методов измерения параметров, а также сравнением с результатами других авторов, исследовавших устройства аналогичного назначения.

Автореферат и публикации автора в полной мере отражают содержание диссертационной работы и отвечают требованиям ВАК.

Результаты исследований автора, представленные в диссертационной работе, изложены в 3 научных статьях, опубликованных в изданиях из списка ВАК, а также в тезисах более десяти научных конференций.

Диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой. Материал в диссертационной работе изложен доступно, четко обозначен личный вклад автора в результаты исследований.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. В диссертации ни в тексте, ни выводах не указаны области значений управляющих параметров исследуемых систем, при которых получено дополнительное КПД.

Сделанное замечание не влияет на результаты исследований и не снижает высокого научно-технического уровня выполненной работы.

Рецензируемая диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор, Антоновский И.В. заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Официальный оппонент, кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник ФГУП «ЦАГИ им. Н.Е.
Жуковского»

/ Г.В. Моллесон/

Подпись официального оппонента Г.В. Моллесон
удостоверяю:

Ученый секретарь Ученого совета ЦАГИ
доктор физико-математических наук
профессор



/М.А. Брутян/