ISSN2079-0228

ГОСКОРПОРАЦИЯ РОСКОСМОС  
Орденов Ленина, Октябрьской Революции   
и Трудового Красного Знамени  
НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко  
(ГДЛ-ОКБ)

##### ТРУДЫ

# XXXIII

Под редакцией  
доктора технических наук, профессора  
В.К. ЧВАНОВА

## Москва 2016

**Члены редакционной коллегии:**

Докт. техн. наук, профессор Чванов В.К. (главный редактор),   
Кашапов М.А., канд. техн. наук Лёвочкин П.С., Лихванцев А.А.,   
докт. техн. наук Мартиросов Д.С., канд. техн. наук Рахманин В.Ф., канд. техн. наук Ромасенко Е.Н., докт. техн. наук Семёнов В.И.,   
Скибин С.А., канд. техн. наук Старков В.К., докт. физ.-мат. наук,   
профессор Стернин Л.Е. (зам. главного редактора), Судаков В.С.   
(отв. секретарь), канд. техн. наук Теленков А.А., Тягун С.И.,   
Ушков Н.П., докт. техн. наук Фатуев И.Ю.

УДК 621.45.022.2:621.45.034.32

*Киселев Александр Сергеевич, канд. физ.-мат. наук.*

Россия, Московская обл. г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

Штыревые Форсунки с пониженными  
потерями полного давления

Ранее была проведена оптимизация штыревых форсунок по полноте сгорания при их использовании в камере сгорания ЖРД большой тяги [1]. Здесь завершены эти теоретические исследования – найдена структура штыревых форсунок, которая позволяет существенно снизить потери полного давления и уменьшить температуру стенок. Установлена хорошая масштабируемость рассматриваемых форсунок – длина сгорания топлива пропорциональна их радиусу. Показано, что отклонение от оптимального соотношения компонентов топлива *Km* в штыревых форсунках приводит к заметному снижению полноты сгорания.

*Ключевые слова*: ЖРД, штыревые форсунки, горение, турбулентность, уравнения Рейнольдса, флеймлет-модель.

Литература

1. *Киселев А.С.* Оптимизация штыревых форсунок для камеры сгорания мощного ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2015. № 32. С. 4-22.

2. *Peters N*. Turbulent combustion. Cambridge University Press. 2000.

УДК 621.454.2

*Чванов Владимир Константинович, докт. техн. наук.*

*Лёвочкин Пётр Сергеевич, канд*. *техн*. *наук.*

*Стернин Леонид Евгеньевич, докт. физ.-мат. наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

*Крайко Александр Николаевич, докт. физ.-мат. наук.*

*Пьянков Кирилл Сергеевич, канд. физ.-мат. наук.*

*Тилляева Наталья Иноятовна, канд. физ.-мат. наук.*

Россия, г. Москва, ГНЦ ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова».

*Низовцев Владимир Михайлович, канд. техн. наук.*

Россия, г. Санкт-Петербург, ВКА имени А.Ф. Можайского.

*Пономарев Николай Борисович, канд. техн. наук.*

Россия, г. Москва, ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша».

*Денисов Алексей Эмильевич.*

*Ширшов Вячеслав Евгеньевич, канд. техн. наук.*

*Гришко Яков Петрович.*

Россия,Московская обл., г. Юбилейный, ОАО «ЭКА».

**МАРШЕВАЯ ДВИГАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ С ДВУМЯ КОНЦЕНТРИЧЕСКИМИ КОМПОНОВКАМИ КРУГЛЫХ КАМЕР ВОКРУГ ШТЫРЕВЫХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ТЕЛ И ЭЖЕКЦИЕЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА К ВНУТРЕННЕЙ КОМПОНОВКЕ**

Рассмотрена составная маршевая двигательная установка (ДУ) двухступенчатых ракет-носителей (РН) и авиационно-космических систем (АКС) с расположением первой ступени вокруг второй ступени (начинающей работать с места старта совместно с первой) с кольцевой компоновкой круглых камер с соплами предварительного расширения вокруг укороченного штыревого центрального тела (ЦТ) на каждой ступени и эжекцией через воздухозаборное устройство атмосферного воздуха к ДУ первой ступени для увеличения её удельного импульса тяги. Предложены варианты такой компоновки ДУ для различных средств выведения (СВ).

*Ключевые слова:* ракеты-носители, двигательные установки, жидкостные ракетные двигатели, штыревая сопловая компоновка.

Литература

1. *Чванов* *В.К., Левочкин* *П.С., Стернин* *Л.Е., Старков* *В.К., Денисов А.Э., Ширшов* *В.Е., Юрьев* *В.Ю.* Использование сопел с центральным телом в компоновочных схемах многокамерных двигательных установок ракет-носителей // Труды НПО Энергомаш. М., 2014.   
   № 31. С.69-89.
2. *Чванов В.К., Стернин Л.Е., Лёвочкин П.С., Крайко А.Н., Пономарев Н.Б., Ширшов В.Е., Юрьев В.Ю., Тилляева Н.И. и др.* Компоновочные схемы перспективных средств выведения, оснащенных многокамерными двигательными установками и составными сопловыми блоками с авторегулированием // Труды НПО Энергомаш. М., 2015.   
   № 32. С.36-64.
3. *Чванов В.К., Стернин Л.Е., Денисов А.Э., Ширшов В.Е.* Способ создания аэродинамического сопла многокамерных двигательных установок ракет-носителей сверхтяжелого класса. В сборнике трудов Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы улучшения тактико-технических характеристик ракетно-космической техники, ее создания, испытаний и эксплуатации», Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, том 2, 2014.
4. *Стернин Л.Е., Ширшов В.Е., Денисов А.Э.* Способ создания аэродинамического сопла многокамерной двигательной установки и составной сопловой блок для осуществления способа (патент RU   
   № 2511800), подача заявки: 2012-10-19.
5. *Чванов В.К., Стернин Л.Е., Денисов А.Э., Ширшов В.Е., Юрьев В.Ю.* Компоновка многоступенчатой ракеты-носителя (патент RU   
   № 2532445), подача заявки: 2013-13-03.
6. *Вишневецкий С.Л., Голов И.А., Грязнов В.П., Зыков А.П.* и др. Руководство для конструкторов по определению донного давления ракет с работающими двигательными установками. НИИТП, 1976.
7. *Пирумов У.Г., Семичастнов В.М., Сергиенко А.А.* Газодинамические исследования основных схем сверхзвуковых кольцевых сопел реактивных двигателей. НИИТП, 1961.
8. *Виленский Ф.А., Волконская Т.Г., Грязнов В.П., Пирумов У.Г.* Исследование нерасчётных режимов осесимметричного кольцевого сопла с центральным телом. Изв. АН СССР, МЖГ, № 4, 1972.
9. *Грязнов В.П.* Экспериментальное исследование аэрогазодинамических характеристик ракетных двигательных установок с кольцевыми соплами и компоновок с плотным кольцевым расположением двигателей. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. НИИТП, 1975.
10. *Грязнов В.П., Дубинская Н.В., Шустова М.В*. Исследование некоторых газодинамических схем перспективных ракетных двигателей. НИИТП, 1988.
11. *Pao Г.* Исследование новых типов ракетных сопл // Исследование ракетных двигателей на жидком топливе: Пер. с англ. / Под ред. В.А. Ильинского. М.: Мир, 1964.
12. *Никулин Г.З., Пономарев Н.Б., Климов В.В.* и др. Расчётно-экспериментальное исследование тарельчатых сопел применительно к камере двигателя РД0126. ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», 2000.
13. *Пономарёв Н.Б., Фирсов О.И.* Исследование сопел с большими степенями расширения (Fa > 500) для ДУ РБ. НИИТП; 1993.
14. *Абрамович Г.Н.* Прикладная газовая динамика. В 2 ч., 5-е изд., перераб. и доп., М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991.
15. *Губанов* *Б.И.* Триумф и трагедия «Энергии». Размышления главного конструктора, Н.Новгород, изд. НИЭР, 1998.
16. Новое в развитии ракетно-космических систем: одноступенчатая многоразовая РН «КОРОНА» // Ракетно-космическая техника. Научно-технический сборник. Выпуск 1 (43) Часть 2 / отв. *Панов Ю.П.*, редактор *Осипова Е.А.* Миасс: ГРЦ «КБ им. академика В.П. Макеева», 1999.
17. *Плотников В.А.* Эжекторный усилитель тяги газотурбинного двигателя, МПК F02K1/36, (Патент RU 2150593), подача заявки: 1999-03-29, патентообладатель: ЗАО «Энерготех».
18. *Крайко А.Н., Тилляева Н.И.* Профилирование сопел с центральным телом и определение оптимального направления их первичных потоков // Изв. РАН. МЖГ. 2007. № 2.

УДК 621.45.015.4:621.45.023

*Дубровин Василий Валерьевич.*

*Старков Владимир Кириллович, канд. техн. наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**РАСЧЁТЫ ПОТЕРЬ УДЕЛЬНОГО ИМПУЛЬСА   
ИЗ-ЗА РАССЕЯНИЯ ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ СОПЛА КАМЕРЫ ЖРД**

Представлены результаты расчётов потерь удельного импульса из-за рассеяния при встречающихся на практике деформациях осесимметричного сопла камер ЖРД. Расчёты характеристик течения, в общем случае, трёхмерного, в таких соплах проводились с использованием программы ANSYS CFX. Рассмотрены сопла с эллиптической деформацией сверхзвуковой части. Приведён конкретный пример расчёта потерь удельного импульса из-за рассеяния для камеры двигателя РД180 с частично деформированным соплом.

*Ключевые слова:* камераЖРД, сопло, потери удельного импульса, потери из-за рассеяния, эллиптические сопла, дефекты сопел.

Литература

1. *Стернин Л.Е.* Определение оптимальных параметров весомого круглого реактивного сопла с учётом траектории полёта. М.: Научно-технический бюллетень. №6, 1957. С.42-49.

2. ГОСТ 17655-72, Двигатели ракетные жидкостные.

3. *Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Тишин А.П.* Теория ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1989. 464 с.

4. *Стернин Л.Е.* Основы газовой динамики. М.: Изд-во МАИ, 1995. 336 с.

5. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания. Справочник в 10 т./Под ред. акад. В.П. Глушко. М.: ВИНИТИ АН СССР, 1971-1979.

6. *Мизес Р.* Математическая теория течений сжимаемой жидкости. М.: ИЛ, 1961.

УДК 621.45.038.26:621.45.038.74

*Александров Борис Петрович.**канд. физ.-мат. наук.*

*Борисенко Алина Анатольевна.*

*Кандоба Людмила Николаевна.*

*Смекалкин Антон Сергеевич.*

Россия, Московская обл. г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

# **РАСЧЁТ ОХЛАЖДЕНИЯ МОДЕЛЬНОГО ЖРД С КЕРАМИЧЕСКИМ ТЕПЛОЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ**

Выполнены тепловые расчёты проточного охлаждения стендовой экспериментальной кольцевой камеры ЖРД. Показана необходимость нанесения теплозащитного керамического покрытия на огневые стенки камеры, изготовленные из бронзового сплава БрХ08. Выработаны рекомендации по выбору многослойного металлокерамического покрытия ZrO2+Ni.

*Ключевые слова:* кольцевая камера ЖРД, проточное охлаждение, газодинамический поток, тепловой поток, теплозащитное покрытие.

Литература

1. *Евдокимова Т.А.*, *Игнатьев С.С.*, *Полянский М.Н.*,   
   *Савушкина С.В.* Патент на изобретение №2483140 "Способ нанесения теплозащитного наноструктурированного покрытия плазменным распылением порошка". Зарегистрировано в Госреестре изобретений РФ 27.05.2013 г.

УДК 621.454.2:621.45.043

*Каналин Юрий Иванович.*

*Полетаев Николай Павлович.*

*Чернышева Ирина Алексеевна.*

Россия, Московская обл. г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**ВЫБОР ЧИСЛА ОБОРОТОВ ТНА ЖРД**

Предложена статистическая зависимость связи числа оборотов и мощности ТНА, позволяющая рассчитать число оборотов ТНА вновь разрабатываемого ЖРД с учетом основных определяющих критериев работоспособности конструкции и обеспечения максимального кпд насосов и минимальной массы ТНА.

*Ключевые слова*: ЖРД, ТНА, число оборотов, масса.

Литература

1. *Чванов В.К., Кашкаров А.М., Ромасенко Е.Н., Толстиков Л.А.* Турбонасосные агрегаты конструкции НПО Энергомаш. Конверсия в машиностроении. 2006. №1. С.15 – 21.
2. Атлас конструкций и характеристик ТНА и БТНА современных ЖРД. ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша». 2011.
3. Высокооборотные лопаточные насосы. Под ред. *Б.В. Овсянникова, В.Ф. Чебаевского.* М.: Машиностроение, 1975. 336 с.
4. *Каналин Ю.И., Клепиков И.А.* Прогноз кпд насосов ТНА энергетических установок при минимуме исходных данных // Труды КБЭМ М., 1989. №17. С.46 – 54.
5. *S.B. Macaluso.* Турбины жидкостного ракетного двигателя (критерии проектирования). Перевод, 1979.
6. *Глушко В.П.* Альбомы конструкций ЖРД. части 2, 3, 4. М.: 1962 – 1972.

УДК 621.454.2:621.45.022.2

*Гапонов Валерий Дмитриевич, канд. техн. наук.*

*Медведев Виктор Константинович.*

*Семенов Сергей Николаевич, канд. техн. наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ПИБ К КЕРОСИНУ НА**

**ВНУТРИКАМЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЖРД**

Показаны возможные пути влияния полимерной добавки ПИБ к углеводородному горючему на внутрикамерные процессы ЖРД. Обобщены все результаты натурных испытаний с полимерной добавкой ПИБ к керосину двигателей РД170, 11Д58М, 14Д22 и ЖРД малой тяги ДМТ МАИ-200-7ОК, имеющие отношение к рабочему процессу в камере сгорания ЖРД. Выявлена проблема точного определения расхода горючего, вызванная изменением показаний турбинных расходомеров при течении керосина с добавкой ПИБ. Для двигателя РД170 представлены опытные значения удельного импульса тяги в пустоте и расходного комплекса с учетом погрешности турбинных расходомеров. Сделан вывод о том, что полимерная присадка ПИБ к горючему в количестве до 0,1 % по массе не влияет на полноту сгорания топлива кислород – керосин и на качество рабочего процесса в камере кислородно-керосиновых ЖРД.

*Ключевые слова*: жидкостные ракетные двигатели, полимерные присадки к горючему, внутрикамерные процессы ЖРД, удельный импульс тяги, расходный комплекс, пульсационно-вибрационные характеристики камеры, погрешность турбинных расходомеров.

Литература

1. *Добровольский М.В.* Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: Учебник для вузов. 2-е изд. перераб. и доп./ Под ред. Д.А. Ягодникова М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2005. 488с.
2. ГОСТ 17655-80 «Двигатели ракетные жидкостные. Термины и определения».
3. *Алемасов В.Е, Дрегалин А.Ф., Тишин А.П.* Теория ракетных двигателей. Учебник для вузов. 4-е изд. перераб. и доп./ Под ред. акад. В.П. Глушко М.: Машиностроение, 1989. 464с.
4. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. Учебник для вузов. 2-е изд. перераб. и доп./ Под ред. В.М. Кудрявцева М.: Высшая школа, 1975. 656с.
5. *Рожков А.Н.* Динамика и разрушение капель сложных жидкостей. Диссертация на соискание ученой степени д. ф-м. н. М.: ИПМ РАН, 2004. 335с.
6. Космонавтика: Энциклопедия. / Под ред. академика   
   В.П. Глушко М.: Сов. Энциклопедия, 1985. 528с.
7. Научно-технический отчет № 769-7-90. Результаты огневых испытаний ЭУ В009 при работе на нафтиле с присадкой полиизобутилена П-200. КБЭМ, 1990. 46 с.
8. Двигатель 11Д520. Камера 00.0520.0100.0000.00.0. Расчет газодинамический 00.0520.0100.0000.00.0Р06. КБЭМ, 1989. 55 листов.
9. Технический отчет № 275-5/560. Подготовка к проведению испытаний, анализ полученных результатов огневых испытаний двигателя 11Д58М и выдача рекомендаций по применению керосина с присадкой полиизобутилена для двигателей РКТ. Выдача рекомендаций по применению керосина с присадкой полиизобутилена для двигателей РКТ. НПО Энергомаш, РКК Энергия, 2007. 21 с.
10. Технический отчет № РЭО 2009 – 1884. Проверка при СПИ двигателя 14Д22 влияния на энергомассовые характеристики двигателей модифицированного горючего Т-1 с присадкой полиизобутилена. ПФ НПО Энергомаш, 2009. 77 с.
11. Технический отчет по контракту № 40440-02020/980-10-190 от 14.09.2010 между МАИ и ОАО «НПО Энергомаш им. академика   
    В.П. Глушко». МАИ, 2010. 37 с.
12. *Гапонов В.Д.* О возможной деструкции полимерной присадки к горючему в кислородно-керосиновых ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2010. №27. С. 95-114.

УДК 621.454.2:621.45.038.22

*Гапонов Валерий Дмитриевич, канд. техн. наук.*

*Кандоба Людмила Николаевна.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ПИБ К КЕРОСИНУ НА**

**ПРОТОЧНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ КАМЕР**

**ДВИГАТЕЛЯ РД170**

Проведено сравнение подогревов горючего в тракте проточного охлаждения четырех экземпляров двигателя РД170, которые прошли испытания сначала на чистом керосине, а затем на керосине с добавкой высокомолекулярного ПИБ. Сравнение показало, что добавка ПИБ не повлияла на интегральную величину подогрева горючего в тракте проточного охлаждения камер. Данный факт объясняется деструкцией молекул полимера при течении горючего с ПИБ около сильно нагретой стенки каналов охлаждения. Сделан вывод, что при работе с добавкой ПИБ сохраняется надежное охлаждение камер двигателя. Показаны результаты расчетного моделирования, из которого следует, что при течении в тракте проточного охлаждения с уменьшенным конвективным теплопереносом уменьшается подогрев горючего и существенно увеличивается температура стенок камер.

*Ключевые слова*: жидкостные ракетные двигатели, полимерные присадки к горючему, ПИБ, проточное охлаждение ЖРД, конвективный теплоперенос, подогрев горючего, температура стенок камеры.

Литература

1. *Гапонов В.Д., Каналин Ю.И., Клепиков И.А., Стернин Л.Е.* Улучшение работы ЖРД при введении высокомолекулярных полимеров в компоненты топлива // Труды НПО Энергомаш. М., 2000. №18. С. 27-37.

2. *Пилипенко В.Н.* Трение и теплообмен при турбулентном течении слабых полимерных растворов в гладких трубах // Изв. АН СССР. Механика жидкости и газа. 1975. №5. С. 53-59.

3. *Гапонов В.Д.* О возможной деструкции полимерной присадки к горючему в кислородно-керосиновых ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2010. №27. С. 95-114.

4. *Гапонов В.Д.* Экспериментальное исследование течения керосина с полимерной добавкой полиизобутилена в модельных трактах регенеративного охлаждения камер ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2011. №28. С. 20-47.

5. Двигатель 11Д520. Камера 00.0520.0100.0000.00.0. Расчет теплопередачи 00.0520.0100.0000.00.0Р10. КБЭМ, 1986. 61 лист.

6. Двигатель 11Д520. Камера 00.0520.0100.0000.00.0. Расчет гидравлический. 00.0520.0000.0000.00.0Р04. КБЭМ, 1986.

7. *Гапонов В.Д., Медведев В.К., Семенов С.Н.* Влияние добавки ПИБ к керосину на внутрикамерные процессы ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2016. №33. С. 62-80.

8. Двигатель 11Д520. Расчет влияния внешних факторов на параметры двигателя. 00.0520.0000.0000.00.0Р18. КБЭМ, 1986.

УДК 621.45.015.4:621.45.038.3

*Дубровин Василий Валерьевич.*

*Старков Владимир Кириллович, канд. техн. наук.  
Стернин Леонид Евгеньевич, докт. физ.-мат.наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАВЕСНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЖРД НА ПОТЕРИ УДЕЛЬНОГО ИМПУЛЬСА**

Исследуется зависимость потерь удельного импульса для ЖРД с завесным охлаждением горючим. Разработана методика для оценки потерь удельного импульса с использованием гипотезы о частичном перемешивании завесы с ядром потока. Представлены результаты расчёта потерь удельного импульса для кислород-керосинового двигателя РД170 и приведено сравнение результатов расчёта с имеющимися экспериментальными данными.

*Ключевые слова*: камера ЖРД, потери удельного импульса, завесное охлаждение.

Литература

1. НПО Энергомашим. академика В.П. Глушко. Путь в ракетной технике / Под ред. Н 86 Б.И. Каторгина. М.: Машиностроение / Машиностроение-Полёт, 2004. 488 с.

2. *Стернин Л.Е.* Основы газовой динамики: Учебное пособие. М.: Изд-во МАИ, 1995. 336 с.

УДК 621.45.015.4:621.45.22

*Колымагин Александр Николаевич, канд. техн. наук.*

*Томалинцева Татьяна Николаевна.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**МЕТОД БЫСТРОЙ ОЦЕНКИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ТОПЛИВНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В ЖРД**

Для многокомпонентных топливных композиций типа «окислитель + несколько горючих» предложен простой инженерный метод определения термодинамических и теплофизических свойств их продуктов сгорания в камере ЖРД. На примере топлива О2 + С2Н2 + NН3 показано удовлетворительное совпадение результатов расчетов по предлагаемому методу с данными, полученными при использовании штатной (принятой в НПО Энергомаш)программы расчета равновесного состава продуктов сгорания. Обозначены задачи, в которых может использоваться предлагаемый метод при разработке перспективных ЖРД.

*Ключевые слова:* жидкостные ракетные двигатели, многокомпонентные топливные композиции, термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания.

Литература

1. *Архангельский В.И., Хазов В.Н.* Кислородно-керосино-аммиачные топливные композиции в ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2007, № 25. С. 188 – 206.

2*. Хазов В.Н.* Ацетилено-аммиачные растворы как высокоэффективное горючее кислородных ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2008. № 26. С. 48 – 67.

3. *Лихванцев А.А., Петров В.Н., Стернин Л.Е., Хазов В.Н.* Долгохранимая топливная композиция на основе ацетама // Труды НПО Энергомаш. М., 2012. № 29. С. 132 – 134.

4. *Чванов В.К., Милованов А.Г., Стернин Л.Е., Томалинцева Т.Н.*К выбору горючих для кислородсодержащих топлив // Труды НПО Энергомаш. М., 2013. № 30. С. 25 – 29.

5. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. Под редакцией В.М. Кудрявцева. М.: Высшая школа, 1975. 656 с.

6. *Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Тишин А.П. и др.* Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания: Справочник в 10 т./ под ред. акад. В.П. Глушко. М.: Изд. ВИНИТИ АН СССР, 1971-1979.

7. *Дрегалин А.Ф., Назырова Р.Р.* Пакет прикладных программ термодинамического расчета. Казань: Изд. КАИ, 1990.

8. *Трусов Б.Г.* Моделирование химических и фазовых равновесий при высоких температурах (Астра-4/*рс*) М.: Изд. МВТУ им. Э. Баумана, 1991.

9. *Лебединский Е.В., Калмыков Г.П., Мосолов С.В. и др.* Рабочие процессы в жидкостном ракетном двигателе и их моделирование. Под ред. академика РАН А.С. Коротеева. М: Машиностроение, 2008. 512 с.

УДК 621.454.2:621.45.015.4

*Каменский Сергей Станиславович.*

*Мартиросов Давид Суренович, докт. техн. наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЖРД ПРИ ПОВТОРНЫХ ИСПЫТАНИЯХ**

Предложен метод определения расчетно-экспериментальных полиномиальных зависимостей значений параметров ЖРД от уровня тяги*,* соотношения компонентов топлива, температур и давлений компонентов на входе в двигатель для оперативного прогнозирования результатов повторных испытаний. Метод основан на аппроксимации расчетов, выполненных по расчётно-экспериментальной математической модели – модели двигателя, скорректированной по результатам его контрольно-технологического испытания.

На примере анализа данных цикла повторных испытаний ЖРД РД191 показано, что расчетные значения прогнозируемых параметров с высокой точностью согласуются с результатами огневых испытаний.

*Ключевые слова:* ЖРД, оперативное прогнозирование параметров, расчетно-экспериментальная математическая модель, аппроксимация.

Литература

1 *Буканов В.Т., Каменский С.С., Мартиросов Д.С.* Применение расчетно-экспериментальной модели для прогноза параметров рабочих процессов ЖРД в цикле повторных испытаний **//** Сборник Труды НПО Энергомаш. М., № 32. 2015. с.91-99.

2 *Барботько Л.Н., Мартиросов Д.С.* Коррекция математической модели ЖРД по результатам огневого испытания для задач диагностики. **//** Сборник Труды НПО Энергомаш. М., № 21. 2003. с.91-104.

3. *Мартиросов Д.С.* Диагностирование сложных технических систем на основе математических моделей физических процессов и измеряемых параметров методом структурного исключения. М.: Изд-во МАИ, 1998. 56с.

**УДК 621.454.2:621.45.053**

***Гемранова Екатерина Анатольевна.***

***Колбасенков Анатолий Иванович, докт. техн. наук.***

***Семенов Сергей Николаевич, канд. техн. наук.***

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

# **АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПО СООТНОШЕНИЮ КОМПОНЕНТОВ ТОПЛИВА С "НЕЛИНЕЙНЫМ" РЕГУЛИРОВАНИЕМ**

**Разработан алгоритм определения положения привода дросселя горючего, учитывающий нелинейность изменения** параметров ЖРД **при обеспечении заданных значений коэффициента соотношения компонентов топлива в широком диапазоне режимов работы двигателя. Применение алгоритма иллюстрируется обработкой контрольно-технологических испытаний двигателей РД 181.**

***Ключевые слова*: ЖРД, алгоритм регулирования, угол привода дросселя горючего, соотношение компонентов топлива, контрольно-технологическое испытание.**

**Литература**

1. ***Д.С. Пушкарев.* Системы управления и регулирования тяги и соотношения компонентов топлива современных ЖРД производства ОАО «НПО Энергомаш»//Двигатель №6 (96). М., 2014г.**

УДК 621.454.2

*Демурчян Давид Размикович.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ В МАГИСТРАЛИ, ИМИТИРУЮЩЕЙ ОТБОР РАСХОДА ГОРЮЧЕГО НА РУЛЕВЫЕ МАШИНЫ ДВИГАТЕЛЯ РД191**

Проведено 3D-моделирование течения в технологической магистрали отбора горючего на рулевые приводы двигателя, содержащей локальные сужения потока. Показано, что область с кавитацией, возникающая при соответствующих перепадах давления в местах сужения потока, охватывает практически всю магистраль и достигает уплотнительного элемента, что может быть причиной его разрушения. Результаты моделирования подтверждены экспериментальными данными.

*Ключевые слова:* 3D-моделирование, жиклер, кавитационный поток.

Литература

1. *Абрамович Г.Н.* Прикладная газовая динамика. Ч. 1. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1991. 600 с.

2. *Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф.* Кавитация. Под ред. докт. физ.-мат. наук Полежаева В.И. М.: МИР, 1974. 678 с.

3. ANSYS CFX 12.0 Theory Guide. April 2009. ANSYSInc.

УДК 621.454.2:621.45.043

*Иванов Андрей Владимирович, докт. техн. наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РЕЖИМА ВОВЛЕЧЕНИЯ ВО ВРАЩЕНИЕ ПЛАВАЮЩЕГО КОЛЬЦА РОТОРОМ**

Важным элементом любой турбомашины являются уплотнения ротора. Характеристики уплотнений в значительной мере определяют экономичность, надежность и ресурс турбонасосного агрегата. При работе агрегата возможно возникновение режима вовлечения во вращение плавающего кольца ротором. В статье рассмотрены причины и условия возникновения этого режима работы уплотнения. Получены условия отсутствия режима вовлечения во вращение кольца ротором, как на переходных, так и на основном режиме, позволяющие прогнозировать поведение уплотнения с плавающим кольцом, добиться исключения вовлечения во вращение кольца ротором на всех режимах работы агрегата.

*Ключевые слова:* турбонасосный агрегат, бесконтактное уплотнение, плавающее кольцо, усилие прижатия

Литература

1. *Иванов А.В.* Моделирование условий возникновения и способов борьбы с угловыми колебаниями плавающих уплотнительных колец уплотнений турбонасосных агрегатов // Насосы. Турбины. Системы, 2015. № 1(14). С. 76–80.
2. *Дмитренко А.И., Иванов А.В., Кравченко А.Г.* Совершенствование уплотнений с полуподвижными кольцами для проточной части насосов ТНА ЖРД // Научно-технический юбилейный сборник. КБ химавтоматики. Воронеж: ИПФ «Воронеж», 2001. С. 357 – 363.
3. [*Никифоров А.Н.*](http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=151490) Виброударное движение, скольжение и обкатка ротора по статору // [Проблемы машиностроения и надежности машин](http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1014349), 2012. № [1](http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1014349&selid=17691966). С. 16–26http://elibrary.ru/pic/1pix.gifhttp://elibrary.ru/pic/1pix.gif
4. *Марцинковский, В.А., Ворона Н.П.* Насосы атомных электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1987. 256 с.

УДК 621.454.2

*Ткач Владимир Владимирович, канд. техн. наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**ОЦЕНКА ПОВРЕЖДАЕМОСТИ И РЕСУРСА ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ЖРД ПОСЛЕ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ**

Описан алгоритм обработки динамических тензоизмерений с вычислением повреждаемости и ресурса элементов конструкции двигателя.

На примере трубопровода двигателя РД181 №7А и рессор демпфера дросселя двигателя РД180 №91Т приведены результаты вычисления ресурса и выявления динамически активных режимов работы двигателей.

*Ключевые слова:* повреждаемость, ресурс, усталостная характеристика, частотная диаграмма.

Литература

1. *Пастухов В.И.* Усталостная прочность трубопроводов, используемых в ЖРД // Труды ГДЛ-ОКБ. М., №19. 2001. С. 239-250.

2. *Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б.* Расчёт на прочность деталей машин. М.: 1979. 702с.

УДК 621.454.2

### *Клюева Ольга Геннадьевна, канд. техн. наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ ДВИГАТЕЛЯ РД253 РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ «ПРОТОН»

Данная статья дополняет серию статей, посвященных совершенствованию теплообменных аппаратов разработки НПО Энергомаш, входящих в состав жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) и предназначенных для наддува топливных баков ракет-носителей (РН).

В статье представлена принципиальная схема системы наддува топливных баков первой ступени РН «Протон». Приведены описания конструкций и схем течения теплоносителей, технологические и габаритно-массовые характеристики кожухотрубчатого смесителя и газогенератора наддува двигателя РД253.

*Ключевые слова:* теплообменный аппарат, система наддува бака окислителя и бака горючего в ракете-носителе, смеситель, газогенератор наддува.

Литература

1. Путь в ракетной технике. Под ред. академ*.* РАН *Каторгина Б.И.* М.: Машиностроение-Полет, 2004. 487 с.

2. *Каторгин Б.И.* Перспективы создания мощных жидкостных ракетных двигателей. М.: Вестник российской академии наук, т.74.  
№ 3. 2004. С.499-506.

3. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей.Под ред. проф*. Гахуна Г.Г.* М.: Машиностроение, 1989.   
423 с.

4. *Андреев Е.И.* Расчёт тепло- и массообмена в контактных аппаратах. Л.: Энергоатомиздат, 1985. 191 с.

УДК 621.454.2

### *Клюева Ольга Геннадьевна, канд. техн. наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АГРЕГАТОВ НАДДУВА ЖРД

Проведена обработка экспериментальных данных, полученных на огневых испытаниях (ОИ) пластинчато-ребристых агрегатов наддува в составе доводочных и товарных жидкостных ракетных двигателей (ЖРД).

Представлены результаты анализа двух конструкций агрегатов наддува с точки зрения обеспечения основных параметров теплоносителей и сравнение их эффективности теплопередачи.

*Ключевые слова:* агрегат наддува баков окислителя и горючего ракеты-носителя, испытания агрегата наддува в составе двигателя, основные параметры агрегата наддува.

Литература

1. *Бедов Ю.А., Белов Е.А., Богушев В.Ю., Клюева О.Г.,  
Тарасов В.В.* Создание усовершенствованного пластинчатого агрегата наддува // Труды НПО Энергомаш. М., 2004. № 22. С.132-146.

2. *Клюева О.Г.* Совершенствование теплообменников для наддува баков ракеты-носителя. Часть 3. Пластинчато-ребристый агрегат наддува однокамерного ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2007. № 25. С.269-285.

3. *Клюева О.Г.* Совершенствование теплообменников для наддува баков ракеты-носителя. Часть 4. Унифицированный пластинчато-ребристый агрегат наддува однокамерного ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2007. № 25. С.286-301.

4. *Белов Е.А., Гаевский В.В., Кандоба Л.Н., Клюева О.Г.,  
Фёдоров В.В.* Результаты автономных огневых испытаний усовершенствованного агрегата наддува ракеты-носителя // Труды НПО Энергомаш. М., 2010. № 27. С.188-199.

5. *Клюева О.Г., Колымагин А.Н.* Оценка эффективности работы усовершенствованного агрегата наддува в составе ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2013. № 30. С.227-242.

6. *Клюева О.Г.* Результаты автономной отработки усовершенствованного агрегата наддува // Труды НПО Энергомаш. М., 2015. № 32. С.151-162.

7. *Михеев М.А., Михеева И.М.* Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977. 344 с.

8. *Кутателадзе С.С., Боришанский В.М.* Справочник по теплопередаче. М.: Л.: Государственное энергетическое издание, 1959. 416 с.

9. *Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С.* Теплопередача. М.: Энергия, 1969. 435 с.

УДК 621.454.2:621.45.053

*Бабкин Виктор Петрович.*

*Громыко Борис Михайлович, докт. техн. наук.*

*Крапивных Елена Владимировна.*

*Ромасенко Евгений Николаевич, канд. техн. наук.*

*Теленков Александр Алексеевич, канд. техн. наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ДРОССЕЛЯ   
ГОРЮЧЕГО ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ РД191   
С ПОЛОГОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ**

Данная статья является продолжением тематики статей [1, 2], посвященных исследованию влияния конструктивных параметров агрегатов регулирования на их характеристики и работоспособность, а также разработке системного подхода к их проектированию.

Приведены результаты расчетных и экспериментальных исследований, направленных на разработку методики расчета гидравлической характеристики дросселя горючего двигателя РД191. Работы проводились с целью улучшения точности регулирования двигателя по соотношению компонентов топлива за счет изменения гидравлической характеристики дросселя и для разработки достоверной методики ее расчета.

*Ключевые слова:* жидкостный ракетный двигатель, агрегаты регулирования, дроссель горючего, расчет характеристики дросселя ЖРД.

Литература

1. *Громыко Б.М., Кошелев И.М., Крапивных Е.В.* разработка математической модели стабилизатора давления // Труды НПО Энергомаш. М., №32. 2016. С.

2. *Громыко Б.М., Крапивных Е.В., Теленков А.А., Тюрин А.А.* Экспериментальная оценка влияния конструктивных параметров стабилизатора давления на его характеристики и работоспособность // Труды НПО Энергомаш. М., №32. 2016. С.

3. *Гребнев М.Ю.,* *Крапивных Е.В., Ромасенко Е.Н., Теленков А.А.* Разработка конструкции дросселя горючего РД191 с пологой характеристикой. Технический отчет. НПО Энергомаш. 2016. 78 с.

УДК 621.454.2:669-1:67.017

*Недашковский Константин Иванович.*

*Новиков Виктор Иванович, канд. техн. наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**О проблемах применения   
аустенитно-мартенситных сталей   
в высоконагруженных деталях   
криогенного тракта ЖРД**

Проведен сравнительный анализ высокопрочных коррозионностойких сталей, имеющих двухфазную аустенитно-мартенситную структуру – классических аустенитно-мартенситных сталей переходного класса и мартенситных сталей с регулируемым мартенситным превращением. Анализ проведен с позиции обеспечения эксплуатационной надежности высоконагруженных деталей криогенного тракта ЖРД, имеющих наводороживающие гальванические покрытия. Показаны преимущества мартенситных сталей с регулируемым мартенситным превращением по сравнению с аустенитно-мартенситными сталями переходного класса.

*Ключевые слова:* аустенитно-мартенситная сталь, стабильность аустенита, гальванические покрытия, водородная хрупкость, конструкционная прочность.

Литература

1. *Потак Я.М.* Высокопрочные стали. М.: Металлургия, 1972, 208 с.

2. *Алымов В.Т.* Вязкость разрушения криогенных сплавов и оценка их конструктивной прочности // МиТОМ, 1976. №8. С.35-39.

3. *Громыко Б.М., Матвеев Е.М., Митюков Ю.В. и др.* Разъемные соединения с упругими металлическими соединениями для жидкостных и газовых трактов агрегатов и магистралей ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2001. №21. С.169-188.

4. *Дмитриев В.В., Недашковский К.И., Новиков В.И.* Применение высокопрочных коррозионностойких сталей в криогенном тракте современных ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2012. №29. С.240-248.

5. *Новиков В.И., Дмитриев В.В., Недашковский К.И.* Исследование и разработка высокопрочных коррозионностойких сталей с регулируемым мартенситным превращением для криогенной техники // МиТОМ, 2014. №3. С.49-55.

6. *Вознесенская Н.М., Каблов Е.Н., Петраков А.Ф. и др.* Высокопрочные коррозионностойкие стали аустенитно-мартенситного класса // МиТОМ, 2002. №7. С.61-65.

УДК 681.2.084

*Калошин Валентин Александрович,* *канд. техн. наук.*

*Перфилов Алексей Михайлович.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

*Батшев Владислав Игоревич, канд. техн. наук.*

Россия,Москва,МГТУ имени Н.Э. Баумана.

*Мачихин Александр Сергеевич, Канд. физ.-мат. наук.*

*Хохлов Демид Денисович.*

Россия,Москва, Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН.

**АКУСТООПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО И СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ЭНДОСКОПИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

Описан способ получения эндоскопических изображений в отдельных узких спектральных интервалах. Предлагаемый способ основан на использовании специализированного перестраиваемого акустооптического фильтра, обеспечивающего регистрацию спектральных изображений на произвольных длинах волн в видимом диапазоне с минимальными пространственными и спектральными искажениями. Это позволяет быстро и точно определять спектральные характеристики в любом пикселе изображения. Анализ спектра отражения в реальном времени в совокупности с обычным эндоскопическим изображением может сделать дистанционный визуальный контроль более эффективным. Разработан и описан прототип спектрометрического модуля, совместимого со стандартными эндоскопами. Представлены результаты его экспериментальной апробации. Показано, что количественные спектральные измерения позволяют эффективно обнаруживать дефекты и определять их тип.

*Ключевые слова*: неразрушающий контроль, визуально-измерительный контроль, видеоспектрометрия, акустооптическая фильтрация.

Литература

1. Неразрушающий контроль Т.1 Кн.1. Визуальный и измерительный контроль. // М.: Машиностроение, 2008. Под общ. ред. В.В. Клюева. 324с.

2. Mix P.E. Introduction to Nondestructive Testing: A Training Guide. 2nd ed. // New York: Wiley, 2005. 576p.

3. *Балакший В.И., Парыгин В.Н., Чирков Л.И.* Физические основы акустооптики. М.: Радио и связь, 1985. 278с.

4. Goutzulis A., Rape D. Design and Fabrication of Acousto-Optic Devices. // Dekker, 1994. 520p.

5.  Chao T.H., Yu J., Cheng L.J., Lambert J. AOTF imaging spectrometer for NASA applications: Breadboard demonstration. // Proc. SPIE, 1990. V. 1347. P. 655-663.

6. Levin I.W., Lewis I.N. Near-infrared acousto-optic spectroscopic microscopy: a solid state approach to chemical imaging. // Applied spectroscopy, 1992. V. 46, № 3, P. 553-558.

7. Machikhin A.S., Pozhar V.E., Viskovatykh A.V., Burmak L.I. Acousto-optical tunable filter for combined wideband, spectral and optical coherence microscopy. // Applied Optics, 2015. V. 54(25). P. 7508-7513.

8. Bouhifd M., Whelan M., Aprahamian M. Use of acousto-optic tunable filter in fluorescence imaging endoscopy. // Proc. SPIE, 2003. V. 5143. P. 305-314.

9. Martin M., Wabuyele M., Panjehpour M., Phan M.N., Overholt B.F., DeNovo R.C., Moyersc T., Song S.G., Tuan Vo-Dinh. Dual modality fluorescence and reflectance hyperspectral imaging: principle and applications // Proc. SPIE, 2005. V. 5692. P. 133-139.

10. *Мачихин А.С., Пожар В.Э.* Метод коррекции спектральных искажений для спектрометра изображений. // Приборы и техника эксперимента, 2009. №6. С. 92-98.

11. Pustovoit V.I., Pozhar V.E., Mazur M.M., Shorin V.N., Kutuza I.B., Perchik A.V. Double-AOTF spectral imaging system. // Proc. SPIE, 2008. V. 5953. № 59530.

12. *Мачихин А.С., Пожар В.Э.* Пространственно-спектральные искажения изображения при дифракции обыкновенно поляризованного светового пучка на ультразвуковой волне. // Квантовая электроника, 2015. V. 45 (2). P. 161-165.

13. Pozhar V., Machihin A. Image aberrations caused by light diffraction via ultrasonic waves in uniaxial crystals // Applied Optics, 2012. V. 51(19). P. 4513-4519.

14. Machihin A., Pozhar V., Batshev V. Double-AOTF-based aberration-free spectral imaging endoscopic system for biomedical applications. // J. Innov. Opt. Health Sci., 2015. V. 8, № 3, Р. 1142.

15. *Мачихин А.С., Батшев В.И.* Оптическая система для сопряжения двойных акустооптических монохроматоров и окуляров наблюдательных приборов // Приборы и техника эксперимента, 2014. № 6. С. 93-99.

УДК 620.18:621.791

*Полянский Александр Михайлович, канд. техн. наук.*

Россия, Московская обл. г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

*Полянский Владислав Михайлович, докт. техн. наук.*

Россия, Москва,МГТУ им. Н.Э. Баумана.

**ВЛИЯНИЕ γ → α ПРЕВРАЩЕНИЯ В АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЯХ AISI 321 И 12Х18Н10Т   
НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА УЗЛОВ ЖРД**

Проведены исследования влияния γ → α превращения в сталях типа 18-8 на разрушения сварных швов при гофрировании сильфонов узлов качания и на изменение геометрии корпусов клапанов при захолаживании.

Сформулированы технологические рекомендации, предотвращающие возникновение указанных проблем.

*Ключевые слова*:аустенитные стали, устойчивость аустенита, феррит, мартенситное превращение, пластичность.

Литература

1. *Химушин Ф.Ф.* Нержавеющие стали. М.: Металлургия, 1967, 798 с.

2. *Химушин Ф.Ф., Ратнер С.Н., Рудбах З.Я.* Сталь, №8, 1939.

УДК 621.454.2:621.79

### *Аксентьев Евгений Юрьевич.*

*Кашапов Марат Ахмадеевич.*

*Фёдоров Владимир Владимирович, канд. техн. наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

*Лозино-Лозинская Ирина Глебовна, канд. техн. наук.*

*Соколова Наталья Алексеевна, канд. техн. наук.*

Россия. Москва.ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша».

*Гребенщиков Александр Владимирович, канд. техн. наук.*

*Грибанов Александр Сергеевич, канд. техн. наук.*

Россия.Воронеж. «ВМЗ» – филилал ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева».

**ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ   
ХАРАКТЕРИСТИК ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ   
БРОНЗО-СТАЛЬНЫХ УЗЛОВ КАМЕР СЕМЕЙСТВА ДВИГАТЕЛЕЙ РД191**

## Рассмотрен перспективный способ повышения характеристик паяных соединений бронзо-стальных узлов камер с использованием припоя ПМ17 вместо традиционной контактно-реактивной диффузионной пайки через медно-серебряное покрытие.

## *Ключевые слова:* жидкостные ракетные двигатели, камера, паяные соединения, припои.

Литература

1. Технический отчет «Центр Келдыша» №117-2015-43-19 «О замене диффузионной пайки через медно-серебряное покрытие на пайку с припоем ПМ17 бронзо-стальных узлов модернизированной камеры 00.1967.0100.0000.00.0 двигателя РД191, изготавливаемой на «Воронежском механическом заводе» – филиале ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева».

УДК 621.454.2:621.79

*Аминов Алишер Баширович.*

*Дубровский Константин Евгеньевич, канд. техн. наук.*

Россия, Московская обл. г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

О **СОВЕРШЕНСТВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ПАЙКИ КОРПУСА НАСОСА ТНА ЖРД**

Обсуждаются вопросы технологии пайки корпуса насоса ТНА ЖРД. Рассматриваются пути решения проблемы трещинообразования в материале корпуса, заплавления припоем рабочей канавки в стенке, снижения трудоёмкости изготовления корпуса.

*Ключевые слова*: ЖРД, турбонасосный агрегат, насос, пайка, припои, концентраторы напряжения.

Литература

1. *Аминов А.Б., Дубровский К.Е.* Некоторые особенности распределения температуры в конструкциях ЖРД при пайке // Труды НПО Энергомаш. М., 2015. № 32. С. 237-245.

2. *Аминов А.Б., Дмитриев В.В., Дубровский К.Е., Петров В.И., Семёнов В.Н.* О влиянии подготовки поверхности детали под нанесение гальванического медно-серебряного припоя на качество пайки конструкции ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2011. № 28, С. 237-245.

4. *Дубровский К.Е.* К вопросу о замене гальванического медно-серебряного припоя листовым припоем в паяных конструкциях ЖРД // Труды НПО Энергомаш. М., 2014. № 31, С. 246-253.

3. *Аминов А.Б., Дубровский К.Е., Петров В.И.* Об особенностяхсовместной пайки деталей из меди и сплава ЭК-61 в конструкциях ЖРД// Труды НПО Энергомаш. М., 2011. № 28, С. 219-228.

УДК 621.454.2

*Булгаков Дмитрий Геннадиевич.*

*Гусев Владимир Николаевич.*

*Клепиков Игорь Алексеевич, докт. техн. наук.*

Россия, Московская обл. г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**ВЫБОР ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ КИСЛОРОДНО-МЕТАНОВЫХ ЖРД ПЕРВОЙ СТУПЕНИ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ**

Описаны существующие разработки АО «НПО Энергомаш» в области ракетных двигателей на метановом горючем. Показаны особенности использования метана в качестве горючего и охладителя. Проведено сравнение принципиальных схем с дожиганием окислительного генераторного газа (ДОГГ) и с дожиганием восстановительного генераторного газа (ДВГГ), на примере РД180МС. Проведен анализ возможности доработки двигателя-прототипа РД180 с целью использования метана в качестве горючего.

*Ключевые слова:* ЖРД, метан, проблема возгорания агрегатов подачи.

Литература

1. *Каторгин Б.И., Трофимов В.Ф., Васин А.А., Клепиков И.А.* и др. Исследование возможных энергетических характеристик маршевых ЖРД различных схем с использованием сжиженного природного газа (метана) в широком диапазоне тяг для перспективных средств выведения. НИР «Развитие». НПО «Энергомаш», НТО №769-177-92, 1992. 313с.
2. *Каторгин Б.И., Чванов В.К., Громыко Б.М., Клепиков И.А.* и др. НПО «Энергомаш» отчет №1 по НИР «Волга», 2004. 212с.
3. Новости космонавтики №6, 2015. «Феникс» вместо «Союза».
4. *Чванов В.К., Фатуев И.Ю., Левочкин П.С., Клепиков И.А., Лихванцев А.А.* и др. Модификация двигателей НПО «Энергомаш» путем замены керосина на сжиженный природный газ. НТО ТС№КМ.ТС.745-530-2013. 2013. 118с.
5. *Фатуев И.Ю., Клепиков И.А., Лихванцев А.А., Судаков В.С.* IAC-14-C14-1.8 Modernization of powerful LOX-kerosene LPRE of NPO «Energomash». By change of fuel «kerosene» on «methane». GS Международная космическая конференция, г. Торонто, Канада, 29.09-09.10.2014г. 7с.
6. Новости космонавтики №6, 2015. и №1, 2015.
7. Http//www.spacex.com
8. *Деркач Г.Г., Клепиков И.А., ПетуховА.Н., Радовский В.П., Шилов Ю.П.* Повышение усталостной прочности лопаток рабочего колеса турбины с помощью оптимизации технологии изготовления. Труды КБЭМ, 1988. №16.
9. *Морозов В.И., Заславский Е.Л.* и др. Российские жидкостные ракетные двигатели на экологически чистых компонентах топлива для разгонных блоков ракет-носителей. Альтернативная энергетика и экология №3, 2008.

УДК 331.103

*Егоренкова Наталья Анатольевна, канд. экономических наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**РОЛЬ КАДРОВОЙ СЛУЖБЫ ПРЕДПРИЯТИЯ В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ ПЕРСОНАЛА**

Представлен экономически-конкурентный подход к подбору и расстановке кадров в соответствии с требованиями времени и современной политики.

УДК 621.45:93

*Рахманин Вячеслав Федорович, канд. техн. наук.*

*Семенов Сергей Николаевич, канд. техн. наук.*

Россия, Московская обл., г. Химки, НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Контактный телефон  − (495)286-92-54.

**70 ЛЕТ НА ХИМКИНСКОЙ ЗЕМЛЕ**

*В статье на документальной основе изложен начальный период истории создания предприятия, ставшего основным разработчиком ЖРД для ракет различного назначения в Советском Союзе и России, а также для двух наименований космических ракет в США.*

|  |  |
| --- | --- |
| С О Д Е Р Ж А Н И Е |  |
| Штыревые форсунки с пониженными потерями полного давления. *А.С. Киселев*………………………………………………..… | 5 |
|  |  |
| Маршевая двигательная установка ракеты-носителя с двумя концентрическими компоновками круглых камер вокруг штыревых центральных тел и эжекцией атмосферного воздуха к внутренней компоновке. *В.К. Чванов, Л.Е. Стернин,  А.Н. Крайко, П.С. Левочкин, Н.Б. Пономарев, К.С. Пьянков, Н.И. Тилляева,* *В.М. Низовцев, В.Е. Ширшов, А.Э. Денисов,  Я.П. Гришко…………………………………..*……………………….. | 7 |
|  |  |
| Расчёты потерь удельного импульса из-за рассеяния при деформировании сопла камеры ЖРД. *В.В. Дубровин, В.К. Старков …………..………………………………………………………….*…... | 12 |
|  |  |
| Расчёт охлаждения модельного ЖРД с керамическим теплозащитным покрытием. *Б.П. Александров , А.А. Борисенко,  Л.Н. Кандоба, А.С. Смекалкин……..…………………………….*…... | 15 |
|  |  |
| Выбор числа оборотов ТНА ЖРД. *Ю.И. Каналин, Н.П. Полетаев, И.А. Чернышева………………………………………………….*…... | 17 |
|  |  |
| Влияние добавки ПИБ к керосину на внутрикамерные процессы ЖРД. *В.Д. Гапонов, В.К. Медведев, С.Н. Семенов……….*…... | 19 |
|  |  |
| Влияние добавки ПИБ к керосину на проточное охлаждение камер двигателя РД170. *В.Д. Гапонов, Л.Н. Кандоба……….….*… | 22 |
|  |  |
| Оценка влияния завесного охлаждения ЖРД на потери удельного импульса. *В.В. Дубровин, В.К. Старков, Л.Е. Стернин……* | 25 |
|  |  |
| Метод быстрой оценки термодинамических и теплофизических свойств продуктов сгорания многокомпонентных топливных композиций в ЖРД. *А.Н. Колымагин, Т.Н. Томалинцева…….*…... | 27 |
|  |  |
| Метод определения расчетно-экспериментальных зависимостей для оперативного прогнозирования параметров ЖРД при повторных испытаниях. *С.С. Каменский, Д.С. Мартиросов……………..…………….….*……………………………………... | 30 |
|  |  |
| Алгоритм управления по соотношению компонентов топлива с нелинейным регулированием. ***Е.А. Гемранова, А.И. Колбасенков, С.Н. Семенов*** …………………………………..………..…... | 33 |
|  |  |
| Моделирование течения в магистрали, имитирующей отбор расхода горючего на рулевые машины двигателя РД191.  *Д.Р. Демурчян……….….*………………………………………….... | 35 |
|  |  |
| Моделирование условий возникновения режима вовлечения во вращение плавающего кольца ротором. *А.В. Иванов……….*…... | 37 |
|  |  |
| Оценка повреждаемости и ресурса элементов конструкции ЖРД после огневых испытаний. *В*.*В*.*Ткач*……………………... | 40 |
|  |  |
| Теплообменные аппараты двигателя РД253 ракеты-носителя «Протон». *О.Г. Клюева* …………………………………………... | 42 |
|  |  |
| Анализ обеспечения основных параметров агрегатов наддува ЖРД. *О.Г. Клюева ……….………………………………………..*.…… | 44 |
|  |  |
| Разработка конструкции дросселя горючего для двигателя РД191 с пологой характеристикой. *В.П. Бабкин, Б.М. Громыко, Е.В. Крапивных, Е.Н. Ромасенко, А.А. Теленков*.…………..….. | 47 |
|  |  |
| О проблемах применения аустенитно-мартенситных сталей  в высоконагруженных деталях криогенного тракта ЖРД.  *К.И. Недашковский, В.И. Новиков* …………….………………... | 50 |
|  |  |
| Акустооптический модуль для визуального и спектрометрического эндоскопического контроля.*А.С. Мачихин, В.И. Батшев, Д.Д.* *Хохлов, А.М. Перфилов, В.А.* *Калошин*…..…………………. | 53 |
|  |  |
| Влияние γ → α превращения в аустенитных сталях AISI 321 и 12Х18Н10Т на технологические и эксплуатационные свойства узлов ЖРД. *А.М. Полянский, В.М. Полянский*…………..……….. | 57 |
|  |  |
| Перспективный способ повышения характеристик паяных соединений бронзо-стальных узлов камер семейства двигателей РД191. Е.Ю. Аксентьев, М.А. Кашапов,  И.Г. Лозино-Лозинская, Н.А. Соколова, А.В. Гребенщиков,  А.С. Грибанов, В.В. Федоров……….………………….…..….….. | 59 |
|  |  |
| О совершенствании технологии пайки корпуса насоса ТНА ЖРД.*А.Б. Аминов, К.Е. Дубровский* ……………………….…….. | 61 |
|  |  |
| Выбор принципиальной схемы кислородно-метановых ЖРД первой ступени для перспективных ракет-носителей. *Д.Г. Булгаков, В.Н. Гусев, И.А. Клепиков*……………………………..…… | 63 |
|  |  |
| Роль кадровой службы предприятия в области развития персонала. *Н.А. Егоренкова*……..……………………………………**…..** | 66 |
|  |  |
| 70 лет на химкинской земле. *В.Ф. Рахманин, С.Н. Семенов…...*. | 68 |
|  |  |