



Госкорпорация «Роскосмос»
Федеральное казенное предприятие
"Научно-испытательный центр
Ракетно-космической промышленности"



ФКП «НИЦ РКП»

Бабушкина ул., 9 д., г.Пересвет,
Сергиево-Посадский городской округ,
Московская область,
Российская Федерация, 141320,
Тел. (495)786-2270, (496)546-3321;
факс (496)546-7698; телекс 846246 АГАТ;
E-mail: mail@nic-rkp.ru
ОГРН 1025005328820; ОКПО 07540930;
ИНН/КПП 5042006211/504201001

От 29.12.22 № 530-6585
На 010/1557-1 от 03.11.2022

О направлении отзыва ведущей
организации

Уважаемый Юрий Александрович!

Направляю отзыв ведущей организации на диссертационную работу
Белякова Владислава Альбертовича на тему «Повышение энергетических
характеристик безгазогенераторных кислородно-водородных жидкостных
ракетных двигателей», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные
двигатели и энергоустановки летательных аппаратов (технические науки)».

Приложение: Отзыв ведущей организации на 7 л., 2 экз., н/с.

Заместитель генерального директора
по научной работе

с уважением,

И.А. Юрьев

Ретякова Елена Владимировна
ОА-530, ведущий инженер
8(496)546-33-10

Отдел документационного
обеспечения МАИ

12 12 2022

УТВЕРЖДАЮ



Генеральный директор
ФКП «НИЦ РКП»,
доктор технических наук

Н.П. Сизяков

«12» декабря 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Белякова Владислава Альбертовича
«Повышение энергетических характеристик безгазогенераторных кислородно-
водородных жидкостных ракетных двигателей»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и
энергоустановки летательных аппаратов (технические науки)»

Диссертационная работа Белякова В.А. посвящена определению оптимальных параметров безгазогенераторного кислородно-водородного жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) в составе межорбитального транспортного аппарата (МТА).

Актуальность темы диссертации

Актуальность диссертационной работы определяется необходимостью модернизации МТА, служащего для доставки полезного груза на геосинхронную орбиту Земли и для выведения космических кораблей на межпланетные орбиты. Решение этой задачи возможно за счет использования безгазогенераторной схемы ЖРД, имеющей ряд преимуществ по сравнению с другими схемами питания двигателя:

- упрощенная конструкция, обусловленная отсутствием газогенератора;
- отсутствие потерь удельного импульса тяги двигателя на завесное охлаждение за счет использования только регенеративного охлаждения;
- высокая экономичность, связанная с использованием предкамерных турбин ТНА для привода основных насосов;

Отдел документационного
обеспечения МАИ

12.12.2022

- отсутствие дополнительных температурных возмущений в КС при запуске двигателя за счет работы двигателя по безгазогенераторной схеме;
- возможность многократного включения двигателя за счет исключения паров воды в полостях ТНА, а, следовательно, и их замерзания перед повторным включением двигателя.

Цель диссертационной работы

Повышение энергетических характеристик безгазогенераторного кислородно-водородного ЖРД (давление в КС и УИТ двигателя) и выбор перспективной схемы двигателя при фиксированной тяге и соотношении компонентов.

Новизна полученных результатов

С помощью разработанной автором математической модели кислородно-водородного ЖРД, выполненного по безгазогенераторной схеме, определены границы изменения оптимальных параметров двигателя в зависимости от давления в КС, температурного состояния камеры и энергетических параметров ТНА окислителя и горючего. На основании оптимизации параметров двигателя, автором предложены схемные решения кислородно-водородного безгазогенераторного ЖРД, обеспечивающие оптимальные значения удельного импульса тяги, давления в КС и энергетических характеристик ТНА и БТНА с учетом теплового состояния КС.

Значимость полученных результатов для науки и практики

Практическая значимость результатов работы заключается в том, что при помощи разработанной математической модели кислородно-водородного ЖРД, выполненного по безгазогенераторной схеме, и методики расчета параметров кислородно-водородного безгазогенераторного ЖРД автором предложены перспективные схемные решения двигателя, обеспечивающие оптимальные значения удельного импульса тяги, давления в КС, с учетом энергетического баланса агрегатов ТНА и БТНА и теплового состояния КС.

Оценка структуры и содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы (113 наименований) и одного приложения. Общий объем работы составляет 142 страницы, включая 52 рисунка и 16 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулирована цель работы и задачи, которые необходимо выполнить для достижения цели. Кроме того, сформулированы научная новизна и практическая значимость работы, а также основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертационной работы посвящена анализу работ по исследованию существующих отечественных и зарубежных кислородно-водородных безгазогенераторных ЖРД, а также двигателей с дожиганием и без дожигания генераторного газа. На основании анализа ряда параметров рассматриваемых кислородно-водородных ЖРД, Беляков В.А. отмечает безгазогенераторную схему двигателя как наиболее перспективную схему ЖРД для межорбитальных транспортных аппаратов. Автором работы сформулирована постановка задачи, заключающаяся в определении оптимальных параметров безгазогенераторного ЖРД при фиксированной тяге двигателя и соотношении компонентов топлива.

Во второй главе приводится описание методики расчета рабочих процессов безгазогенераторного ЖРД на основе разработанной математической модели, описывающей квазистатические рабочие процессы двигателя. Методики расчета описывают итерационный расчет основных параметров двигателя, основных и бустерных турбонасосных агрегатов (ТНА и БТНА) с учетом теплового состояния КС и изменения энтальпии компонентов топлива. Представлены способы достижения оптимальных параметров двигателя по критерию обеспечения максимального УИТ двигателя.

Третья глава посвящена описанию разработанного программно-математического обеспечения расчетов, реализованное на языке программирования Python. Разработанная программа расчета состоит из ряда

программных модулей, связанных между собой, и имеет две основные подпрограммы: расчет параметров ЖРД и его агрегатов на номинальных параметрах двигателя и определение параметров двигателя в рабочем диапазоне изменения давления в КС.

В четвертой главе приведены основные результаты, полученные в ходе расчетного исследования кислородно-водородного безгазогенераторного ЖРД. Автором получены зависимости влияния подогрева охладителя в тракте охлаждения камеры сгорания и изменения энтальпии компонентов топлива от давления в КС и энергетических параметров агрегатов ТНА на энергетическую увязку двигателя с учетом обеспечения заданного УИТ двигателя. С помощью разработанной математической модели, а также на основании полученных зависимостей, приведенных к давлению в КС, Беляков В.А. определил границы изменения УИТ двигателя в зависимости от давления в КС и числа оборотов ротора турбонасосного агрегата горючего (ТНАГ). В работе представлено, что за счет интенсификации теплообмена в рубашке охлаждения камеры, оптимизации энергетических параметров агрегатов ТНА и БТНА, а также применения перспективных конструкторских решений по системе охлаждения корпуса камеры, возможно обеспечить удельный импульс тяги двигателя до 473 с при давлении в КС 115 атм.

В пятой главе представлены перспективные схемные решения безгазогенераторного кислородно-водородного ЖРД, обеспечивающие оптимальные значения давления в КС и удельного импульса тяги двигателя. Предложены схемы двигателя с дополнительным отбором горючего со входа в смесительную головку КС, либо с выхода из тракта охлаждения в зависимости от потребного давления в КС. Данные схемные решения безгазогенераторного ЖРД обеспечивают УИТ двигателя в диапазоне от 467 до 473 с.

В заключении обобщаются результаты выполненного исследования и представлены выводы по работе.

Формулировки основных результатов и выводов логически следует из содержания диссертационной работы и соответствуют научным положениям, выносим на защиту.

В целом диссертация оформлена в соответствии с требованиями, достаточно структурирована и написана технически грамотным языком. Материал изложен последовательно и логично.

*Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов,
сформулированных в диссертации*

Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов, сформулированных в диссертации подтверждается согласованием результатов расчетов, полученных при помощи разработанной математической модели с экспериментальными данными, опубликованными в открытой печати, а также использованием известных методов исследований и научных положений и определением параметров ЖРД, основанных на общих закономерностях теории жидкостных ракетных двигателей.

Личный вклад автора

Все изложенные в диссертации результаты получены лично автором, либо при его непосредственном участии.

Апробация работы и публикации

Основные результаты работы были представлены на конкурсе научно-технических работ и проектов «Молодежь и будущее авиации и космонавтики», (Москва, 2016 г.); XV, XVI, XIX Международных конференциях «Авиация и космонавтика» (Москва, 2016, 2017, 2020 гг.); II Международном православном студенческом форуме (г. Москва, 2016 г.); Международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития двигателестроения (г. Самара, 2016 г.); III Международной конференции «Актуальные проблемы авиации и космонавтики» (г. Красноярск, 2017 г.), Международной молодежной научной конференции «XXIII Туполевские чтения (школа молодых ученых)» (г. Казань, 2017 г.); XLII-XLIV, XLVII и XLVIII Международных молодежных научных конференциях «Гагаринские чтения» (Москва, 2016-2018, 2021, 2022 гг.).

Основные результаты работы изложены в 4 публикациях в ведущих научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России.

Замечания к диссертационной работе

1. В диссертационной работе не рассматривается оптимизация конструкции агрегатов ТНА при изменении давления в КС, которая может также повлиять на определение оптимальных энергетических параметров ЖРД.

2. В диссертационной диссертации не приведено сравнение по последовательности привода турбин ТНА окислителя и горючего, которое дополнило бы критерии по обеспечению оптимальных параметров двигателя.

3. В диссертационной работе не проведен прочностной анализ конструкции агрегатов ТНА окислителя и горючего в случае увеличения оборотов ротора ТНА, позволяющий более точно оценить реализуемость полученных результатов исследований.

4. В диссертационной работе отсутствует формализованное описание матмодели в виде полной исходной системы уравнений, без этого не очевидны ни принятые допущения, ни корректность системы.

Вышеперечисленные замечания не снижают научной и практической значимости результатов исследования, а также не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Белякова В.А.

Рекомендации

Результаты диссертационной работы могут быть использованы на этапах эскизного и технического проектирования кислородного-водородного безгазогенераторного ЖРД.

Заключение

Диссертационная работа Белякова В.А. является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи – определению оптимальных параметров безгазогенераторного кислородно-водородного ЖРД в составе межорбитального транспортного аппарата, имеющей практическое и теоретическое значение. Научные положения и результаты, выносимые на защиту, полностью отражены в работе и

публикациях и соответствуют научной специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов (технические науки)».

Таким образом считаем, что диссертационная работа Белякова Владислава Альбертовича «Повышение энергетических характеристик безгазогенераторных кислородно-водородных жидкостных ракетных двигателей» по научному уровню, полученным результатам, актуальности, практической и теоретической значимости, оформлению и содержанию диссертация полностью соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Беляков В.А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов (технические науки)».

Диссертационная работа, автореферат и отзыв на диссертационную работу обсуждены на заседании Президиума НТС ФКП «НИЦ РКП», протокол № 6/12 от 08.12.2022.

Заместитель генерального директора
по научной работе, к.т.н., доцент



И.А. Юрьев

Федеральное казенное предприятие «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности», 141320, Московская область, Сергиево-Посадский городской округ, г. Пересвет, ул. Бабушкина, д. 9.

Юрьев Игорь Анатольевич, заместитель генерального директора по научной работе, кандидат технических наук, доцент, тел. 8(496)546-33-10, e-mail: mail@nic-rkp.ru

С отзывом ознакомлен 12.12.2022 