

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.06

**Соискатель:** Беляков Владислав Альбертович

**Тема диссертации:** Повышение энергетических характеристик безгазогенераторных кислородно-водородных жидкостных ракетных двигателей

**Специальность:** 2.5.15. — «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

### **Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.**

На заседании 28 декабря 2022 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, приведенным в "Положении о присуждении ученых степеней", утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Белякову Владиславу Альбертовичу ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** председатель диссертационного совета Равикович Ю.А., ученый секретарь диссертационного совета Краев В.М., члены диссертационного совета: Агульник А.Б., Абашев В.М., Демидов А.С., Кочетков Ю.М., Лесневский Л.Н., Марчуков Е.Ю., Молчанов А.М., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Попов Г.А., Силюянова М.В., Тимушев С.Ф., Хартов С.А.

Ученый секретарь диссертационного совета  
24.2.327.06, д.т.н., доцент

Краев В.М.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.06,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 28.12.2022 г. № 30

О присуждении Белякову Владиславу Альбертовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация Белякова Владислава Альбертовича «Повышение энергетических характеристик безгазогенераторных кислородно-водородных жидкостных ракетных двигателей» по специальности 2.5.15. – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов принята к защите 26.10.2022 г., (протокол заседания № 15) диссертационным советом 24.2.327.06, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»; 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4; приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации о создании диссертационного совета – № 669/нк от 24.06.2022 г.

Соискатель Беляков Владислав Альбертович, 18.09.1994 года рождения. В 2018 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». В 2022 году окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

В период подготовки диссертации соискатель работал с 2018 г. по 2020 г. в обществе с ограниченной ответственностью «КосмоКурс» в должности инженера-конструктора 3-й категории; с 2020 г. по 2021 г. работал по совместительству в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» в должности инженер; с 2020 г. по настоящее время работает в Акционерном обществе «Опытное конструкторское бюро «Кристалл» в должности инженера-проектировщика 1-ой категории.

Диссертация выполнена на кафедре «Ракетные двигатели» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Мартиросов Давид Суренович, доктор технических наук, профессор кафедры «Ракетные двигатели» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Кретинин Александр Валентинович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Нефтегазовое оборудование и транспортировка» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет»;

Мосолов Сергей Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, начальник отделения жидкостных ракетных двигателей

Государственного научного центра Российской Федерации  
«Исследовательский центр имени М.В. Келдыша»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное казенное предприятие «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности», г. Пересвет, в своем положительном отзыве, подписанном Юрьевым Игорем Анатольевичем, кандидатом технических наук, доцентом, заместителем генерального директора по научной работе и утвержденном Сизяковым Николаем Петровичем, генеральным директором, доктором технических наук, указала, что постановка научного исследования, достигнутые результаты являются важными и могут быть использованы на этапах эскизного и технического проектирования кислородно-водородного безгазогенераторного жидкостного ракетного двигателя (ЖРД). Внедрение результатов диссертации Белякова В.А. в практику проектирования безгазогенераторных кислородно-водородных ЖРД позволит обеспечить прогнозируемые параметры и сократить трудоемкость проектирования двигателя. Полученные автором диссертации новые научные результаты имеют важное значение для науки и практики и могут быть рекомендованы к использованию для научных и экспериментальных исследований на предприятии ФКП «НИЦ РКЦ». Диссертационная работа Белякова В.А. является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи – определению оптимальных параметров безгазогенераторного кислородно-водородного ЖРД, имеющей практическое и теоретическое значение. По содержанию, научному уровню, актуальности, практической и теоретической значимости, полученным результатам, оформлению и содержанию диссертацию полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским

диссертациям, а ее автор, Беляков Владислав Альбертович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. – Тепловые электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, общим объемом 5,81 п.л., в том числе по теме диссертации опубликовано 19 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы. Из 21 публикации: 4 – статьи в журналах, 17 – тезисов докладов на конференциях.

Научные работы соискателя посвящены расчетному исследованию ЖРД различных схем: безгазогенераторная, газогенераторная с дожиганием в камере сгорания (КС) генераторного газа, схема трехкомпонентного ЖРД.

Личный вклад соискателя заключается в разработке методики, математической модели и программно-математического обеспечения расчетов, позволяющих проводить проектно-исследовательские работы при проектировании безгазогенераторного ЖРД и его агрегатов, а также в разработке схемных решений двигателя, обеспечивающих оптимальные параметры двигателя в условиях поставленных задач; в определении границ применения безгазогенераторной схемы кислородно-водородного ЖРД в зависимости от давления в КС и удельного импульса тяги двигателя.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые работы соискателя.

1. Беляков В.А., Василевский Д.О. Перспективные схемные решения безгазогенераторных двигателей // Вестник ПНИПУ Аэрокосмическая техника. 2019 №58. С.69-86. Doi: 10.15593/2224-9982/2019.58.06.
2. Беляков В.А., Василевский Д.О., Ермашкевич А.А., Коломенцев А.И., Фаризанов И.Р. Развитие концепции многофазового жидкостного ракетного двигателя на трехкомпонентном топливе // Сибирский аэрокосмический

журнал. 2021. Т. 22, №1. С. 121-136. Doi: 10.31772/2712-8970-2021-22-1-121-136.

3. Беляков В.А., Василевский Д.О., Ермашкевич А.А., Коломенцев А.И., Фаризанов И.Р. Проектирование системы охлаждения многофазового ракетного двигателя на трёхкомпонентном топливе // Сибирский аэрокосмический журнал. 2021. Т. 22, №2. С. 316-327. Doi: 10.31772/2712-8970-2021-22-2-316-327.

4. Беляков В.А. Выбор энергетических параметров кислородно-водородного безгазогенераторного жидкостного ракетного двигателя / Сибирский аэрокосмический журнал. 2022. Т. 23, № 3. С. 424-436. Doi: 10.31772/2712-8970-2022-23-3-424-436.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Крестинина А.В.,**

доктора технических наук, профессора, содержит замечания:

1. В работе не представлены расчетные приведенные характеристики агрегатов ТНА и БТНА, полученные на номинальном режиме работы двигателя.

2. В диссертации отсутствует методика гидравлического расчета трубопроводов и элементов ПГС конкретного двигателя (РД-0146), что затрудняет понимание результатов таблицы 2.2. В частности, как определяются коэффициенты гидравлических сопротивлений для конкретного двигателя, какие соотношения для расчета параметров, влияющих на гидравлические потери для газообразного водорода в тракте охлаждения используются?

3. Водород заправляется в бак переохлажденным. При этом его стандартная энтальпия уменьшается. Из текста диссертации неясно, учитывается ли это? Не учитывается влияние на энтальпию водорода работы сжатия водорода в баке давлением наддува.

4. Процессы теплообмена в камере проходят при неравномерном распределении компонентов по форсункам, что приводит к отклонениям соотношения компонентов в пристеночном слое, а также при неравномерном распределении расхода по охлаждающим каналам тракта охлаждения. Влияние этих неравномерностей не учитывается.
5. В диссертации и автореферате имеется некоторое количество стилистических, орфографических, пунктуационных погрешностей и опечаток.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Мосолова С.В.,** кандидата физико-математических наук, содержит замечания:

1. В диссертационной работе не представлены графические зависимости изменения конвективного и лучистого тепловых потоков, а также температуры подогрева хладагента в тракте охлаждения и стенок со стороны жидкости и газа для различных давлений в КС, хотя в тексте работы их описание приведено.
2. В диссертации не приведена конструкция тракта охлаждения камеры в случае применения оребрения огневой стенки камеры. Поэтому не ясно как в работе оцениваются дополнительные потери давления на трение в КС.

**Отзыв на диссертацию ведущей организации – федерального казенного предприятия «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности»** содержит замечания:

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 работе 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.

**Отзыв на автореферат диссертации Акционерного общества «Научно-производственное объединение «Энергомаш» имени академика В.П. Глушко», составленный заместителем начальника конструкторского бюро, кандидатом технических наук Пушкаревым Д.С. и заверенный заместителем генерального директора – Главным конструктором, кандидатом технических наук Лёвочкиным П.С. содержит замечания:**

1. Не указан предмет и задачи диссертационного исследования.
2. Следовало сформулировать цели работы и тему диссертационного исследования более локально («... типа РД-0146»).
3. Не рассмотрены вопросы устойчивости двигателя при реализации различных режимов работы двигателя по тяге и соотношению расходов компонентов топлива в условиях возможного перехода одного из компонентов топлива через критическую точку состояния вещества, рекомендации по корректировке принципиальной схемы двигателя для исключения связанных с этим негативных явлений.
4. Не определены (обоснованы) максимально достижимые границы по тяге и удельному импульсу (границы реализуемости) для двигателей с безгазогенераторными схемами на основе разработанной модели.

**Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологии», составленный кандидатом технических наук, исполняющим обязанности**



заведующего кафедрой «Авиационная теплотехника и теплоэнергетика» Сенюшкиным Н.С и содержит следующие замечания:

1. Из автореферата неясно, на основе каких данных сделан вывод о снижении массы топлива в баке окислителя и горючего.
2. Автор отмечает, что достижение давления в КС более 100 атм возможно за счет применения теплообменного аппарата перед трактом охлаждения или в составе восстановительного газогенератора, не участвующего в системе питания двигателя. При этом в работе не приводится схема двигателя с данными модификациями и поэтому непонятна работа данной схемы.

**Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет», составленный профессором кафедры «Ракетное вооружение», кандидатом технических наук Никитиным А.А. и заверенный ученым секретарём Лосевым Л.И. содержит замечания:**

1. Автором в работе большое внимание уделено определению влияния изменения энтальпии компонентов топлива на энергетические параметры двигателя, но при этом не описано более подробно как именно происходит изменение температуры продуктов сгорания в КС, влияющее в свою очередь на дальнейшее расширение потока в сопле.
2. Автором в автореферате не описан алгоритм расчета изменения удельного импульса тяги двигателя в зависимости от давления в КС.
3. В работе не рассматриваются схемные решения двигателя по параллельному приводу турбин ТНА окислителя и горючего, которые бы дополнили результаты исследований.

**Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет**

**«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»,** составленный заведующим кафедрой «Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» кандидатом технических наук, доцентом Левихиным А.А. и заверенный ученым секретарем М.Н. Охочинским содержит замечания, связанные с некоторыми орфографическими и пунктуационными неточностями.

**Отзыв на автореферат диссертации Акционерного общества «Туровское машиностроительное конструкторское бюро «Союз»,** составленный ведущим научным сотрудником, кандидатом технических наук Петренко В.М, ведущим научным сотрудником Подлевским А.П. и заверенный начальником ОК АО ТМКБ «Союз» Францужовой Г.И. содержит следующие замечания:

1. На стр. 11 автореферата автор приводит структурно-функциональную блок-схему разработанной математической модели, но при этом не понятно: каким образом производится расчет, если условие по охлаждению камеры сгорания (КС) не выполняется?
2. На стр. 16 автор указывается: «Необходимо отметить, что полученные результаты показывают хорошее совпадение рассчитанных параметров рассматриваемого двигателя с параметрами ЖРД РД-146, опубликованными в открытой печати», при этом возникает вопрос: как учтены результаты расчетно-экспериментальных и статических данных в описании математической модели перспективных схем безгазогенераторных кислородно-водородных ЖРД для обеспечения его высоких энергетических параметров?

**Отзыв на автореферат диссертации Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,** составленный старшим преподавателем кафедры «Авиационные двигатели», кандидатом технических наук Колесниковым А.С. и заверенный помощником начальника строевого отдела Саввиным А.. содержит следующие замечания:

1. В автореферате не представлены математические зависимости (например, описывающие массово-энергетических баланс) на основе которых построена математическая модель.
2. Из приведенного в автореферате описания математической модели неясен личный вклад автора в её создание.
3. Из автореферата неясно, учитывалось ли влияние процессов запуска и выключения двигателя на выбор схемы и параметров двигателя.

**Отзыв на автореферат диссертации Госкорпорации «Роскосмос» акционерного общества «Научно-исследовательский институт машиностроения»**, составленный заместителем главного конструктора, кандидатом технических наук Саличем В.Л. и утвержденный заместителем директора по НИР, главным конструктором Булдашевым С.А. замечания не содержит.

**Отзыв на автореферат диссертации Корпорации «Тактическое ракетное вооружение» акционерного общества «Военно-промышленная корпорация «НПО машиностроения»**, составленный заместителем начальника ЦКБМ – начальника отделения АО «ВПК «НПО машиностроения», кандидатом технических наук Новиковым А.Е., первым заместителем начальника отделения АО «ВПК «НПО машиностроения», кандидатом технических наук Решем Г.Ф. и заверенный ученым секретарем НТС, кандидатом физико-математических наук Точиловым Л.С. содержит следующие замечания:

1. автореферата не следует, проводилась или нет оптимизация геометрических параметров основных и бустерных турбонасосных агрегатов при изменении потребного давления в КС.
2. Не полностью раскрыто влияние изменения энтальпии компонентов топлива на энергетические параметры двигателя.

3. Результаты работы отнесены к безгенераторным ЖРД закрытых схем, однако на рисунках представлены только открытые только открытые схемы.
4. В автореферате не представлены собственно математические модели, разработанные автором (разрешающие уравнения, определяющие соотношения и т.д.).

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Белякова В.А., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Кренина А.В., доктора технических наук, профессора, профессора кафедры, обосновывается его большим опытом в области численного моделирования теплообмена тракте охлаждения камеры ЖРД, создании алгоритмов и методик расчета гидравлических характеристик каналов регенеративной системы охлаждения ЖРД, проведения экспериментальных исследований газодинамических характеристик осевых турбин, изучения проблемных вопросов по влиянию неопределенностей внешних факторов на функционирование систем смесеобразования и охлаждения ЖРД.

Выбор Мосолова С.В., кандидата физико-математических наук, начальника отделения, обосновывается его компетентностью в вопросах численного моделирования рабочих процессов в камере сгорания ЖРД, подавления высокочастотной неустойчивости рабочего процесса в камере сгорания двигателя, проведения экспериментальных исследований ЖРД. Мосолов С.В. регулярно публикует статьи по тематике диссертации в рецензируемых журналах, в том числе в международных, имеет патенты на изобретение.

Ведущая организация федеральное казенное предприятие «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности» выбрана в соответствии с её высоким уровнем достижений в области

экспериментальных и научных исследований кислородно-водородных ЖРД. Организация выполняет ряд научно-исследовательских работ, в частности, работы по безгазогенераторному кислородно-водородному двигателю РД-0146. Коллектив предприятия имеет большое количество учебных пособий и трудов в рецензируемых научных журналах, в том числе в изданиях, входящих в международные системы цитирования. Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают большим опытом изучения рабочих процессов кислородно-водородных безгазогенераторных ЖРД.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

– разработана математическая модель безгазогенераторного кислородно-водородного ЖРД, описывающая квазистатические рабочие процессы;

– разработано программное обеспечение, позволяющее проводить варианты расчеты параметров ЖРД и его агрегатов;

– выявлены схемные решения, обеспечивающие оптимальные параметры в заданном диапазоне изменения давления в камере сгорания ЖРД.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

– разработана методика расчета энергетической увязки схемы безгазогенераторного ЖРД с учетом теплового состояния камеры сгорания;

– изучено влияние интенсификации теплообмена в тракте охлаждения на давление в камере сгорания и удельный импульс тяги двигателя, а также на энергетические параметры основных и бустерных турбонасосных агрегатов;

– разработан алгоритм определения оптимального значения удельного импульса тяги двигателя в рабочем диапазоне изменения давления в камере сгорания.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

– разработана математическая модель и программа расчета, которые могут быть использованы на этапах эскизного и технического проектирования кислородно-водородных безгазогенераторных ЖРД, а также для теоретических и экспериментальных исследований.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

– математическая модель базируется на фундаментальных уравнениях термогазодинамики, теплофизики и гидравлики, а также на общих положениях теории жидкостных ракетных двигателей;

– достоверность математической модели подтверждена сравнением результатов расчета с опубликованными экспериментальными данными в открытой печати по двигателю РД-0146 и его модификаций.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

– разработке математической модели безгазогенераторного кислородно-водородного ЖРД;

– разработке методики и программного обеспечения проведения вариантных расчетов параметров ЖРД и его агрегатов;

– определении границ изменения удельного импульса тяги двигателя в зависимости от давления в камере сгорания при фиксированного тяге двигателя и соотношения компонентов топлива.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний, которые бы ставили под сомнение обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизну.

Соискатель Беляков В.А. ответил обстоятельно и аргументированно на все задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

На заседании 28.12.2022 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи повышения удельного импульса тяги безгазогенераторного кислородно-водородного безгазогенераторного ЖРД, имеющей значение для развития авиационно-космической техники, присудить Белякову В.А. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 11 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18 , против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета 24.2.327.06

д. техн. наук, профессор



Равикович Юрий Александрович

Учёный секретарь

диссертационного совета 24.2.327.06

д. техн. наук, доцент

Краев Вячеслав Михайлович

28 декабря 2022 г.