

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 212.125.08 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (МАИ)
МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 08.06.2015г. № 9

О присуждении Пушкареву Дмитрию Сергеевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние входных давлений компонентов топлива на точность управления и регулирования многорежимных маршевых кислородно-керосиновых ЖРД типа РД191» по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 30 марта 2015г., протокол №6 диссертационным советом Д 212.125.08 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки РФ, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета – №2249-1460 от 02.11.2007г., о внесении изменений в состав совета – №1986-540/1460 от 21.11.2008г., о продлении срока полномочий совета – №1925-601 от 08.09.2009г., о соответствии диссертационного совета Положению о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук – №105/нк от 11.04.2012г., о внесении изменений в состав совета – №580/нк от 22.08.2012 г., о внесении изменений в состав совета – №92/нк от 18.02.2013г., о внесении изменений в состав совета – №548/нк от 06.10.2014г.

Соискатель Пушкарев Дмитрий Сергеевич 1989 года рождения, работает инженером-конструктором в открытом акционерном обществе «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко» Федерального космического агентства (Роскосмос).

В 2012 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ). Является аспирантом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ), обучаемым по очной форме.

Диссертация выполнена на кафедре «Энерго-физические системы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук Семёнов Вадим Ильич, открытое акционерное общество «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко», заместитель главного конструктора по ЖРД.

Официальные оппоненты:

1. Ягодников Дмитрий Алексеевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (национальный исследовательский университет), кафедра «Ракетные двигатели», заведующий кафедрой;
2. Мосолов Сергей Владимирович, кандидат физ.-мат. наук, государственный научный центр Российской Федерации федеральное государственное бюджетное унитарное предприятие «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», отделение жидкостных ракетных двигателей, начальник отделения;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова Российской академии

наук, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Ивановым В.П., доктором технических наук, заведующим лабораторией №8 и утвержденном Барановым И.Н., кандидатом физ.-мат. наук, заместителем директора, указала, что диссертационная научная работа Д.С. Пушкарева является научно-исследовательской работой, содержащей решение задачи, ранее не имеющей аналогов в мировой практике. Апробация диссертационной работы представляется достаточной, основные результаты работы опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК. Выводы и рекомендации, приведённые в диссертации, достаточно обоснованы. Диссертация Пушкарева Дмитрия Сергеевича «Влияние входных давлений компонентов топлива на точность управления и регулирования многорежимных маршевых кислородно-керосиновых ЖРД типа РД191» удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор достоин присуждения ему степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 5 работ общим объемом 2,2 печатных листа (4 – статьи в научных журналах, 1 – тезисы доклада на конференции; 1 работа написана единолично, 4 – в соавторстве), из которых 4 работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ. В этих работах приводятся обладающие новизной результаты диссертационного исследования, полученные соискателем, в частности, выявлено существенное влияние входных давлений компонентов топлива на входе в двигатель РД191 на режиме глубокого дросселирования (~30% тяги) на соотношение расходов компонентов топлива, определены коэффициенты влияния величин входных давлений компонентов топлива на значения соотношения расходов компонентов топлива на этом режиме, предложена модификация существующего алгоритма управления и регулирования двигателя РД191 с учетом влияния входных давлений компонентов топлива на соотношение расходов компонентов топлива на режимах глубокого дросселирования.

Научные работы по теме диссертации:

1. Колбасенков А.И., Лёвочкин П.С., Пушкарёв Д.С. и др. Настройка современных ЖРД для обеспечения высокой точности при управлении и регулировании // Общероссийский научно-технический журнал «Полет» – М., 2013. – №10. – С. 57-60.

2. Колбасенков А.И., Лёвочкин П.С., Пушкарёв Д.С. и др. Исследования влияния значений входных давлений на тягу и соотношение расходов компонентов при работе ЖРД на низких режимах // Двигатель – М., 2013. – №5. – С. 28-29.
3. Колбасенков А.И., Пушкарёв Д.С., Семенов В.И. и др. Влияние входных давлений компонентов при работе двигателя на режиме дросселирования // Общероссийский научно-технический журнал «Полет» – М., 2013. – №11. – С. 34-36.
4. Пушкарев Д.С. Системы управления и регулирования тяги и соотношения компонентов топлива современных ЖРД производства ОАО «НПО Энергомаш» // Двигатель – М., 2014. – №6. – С. 18-21.
5. Пушкарев Д.С., Лёвочкин П.С., Семёнов В.И. и др. Использование внешних обратных связей при настройке двигателей в процессе приемо-сдаточного огневого испытания // Гагаринский сборник: материалы XLII общественно-научных чтений, посвященных памяти Ю.А. Гагарина – Гагарин, 2015.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию официального оппонента, заведующего кафедрой «Ракетные двигатели» МГТУ им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), д.т.н., профессора Ягодникова Д.А. Замечания: используются устаревшие термины, например, удельный вес; в постановочной части диссертационной работы не рассмотрен опыт и методика управления и регулирования ЖРД с учетом глубокого дросселирования тяги, имеющиеся на ведущих предприятиях ракетного двигателестроения в России и за рубежом; не рассмотрен вопрос изменения энергетических характеристик, в частности удельного импульса ЖРД при глубоком дросселировании тяги.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, начальника отделения жидкостных ракетных двигателей ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», к.ф.-м.н. Мосолова С.В. Замечания: разработанный автором алгоритм управления и регулирования двигателя, учитывающий влияние входных давлений компонентов, применяется только в ОАО «НПО Энергомаш», что снижает практическую значимость полученных результатов; целесообразно было бы в диссертации дополнительно указать следующие атрибуты ВАК (что выносится на защиту, что реализовано в рамках разработанной методики, объем работы), в постановочном разделе не

выделена точная формулировка задачи; некорректно, ссылаясь на работу [8], где в уравнениях отсутствуют инерциальные члены и производится решение линеаризованных уравнений, говорить о построении нелинейных динамических математических микромоделей отдельных агрегатов; было бы разумным, имея такой бесценный материал по отработке, изложить более подробно анализ точности настройки двигателя, привлекая аппарат математической статистики; в тексте диссертации на страницах 36 и 59 допущена небрежность при введении аббревиатуры.

Отзыв на диссертацию ведущей организации ИПУ РАН составлен Ивановым В.П., д.т.н., заведующим лабораторией №8 и утвержден Барановым И.Н., к.ф.-м.н., заместителем директора. Замечания:

- в работе недостаточное внимание уделено теоретическому обоснованию предложенного варианта модификации бортового алгоритма. В частности, если критерием выбора алгоритма является точность поддержания заданного значения K_m , то не ясно, почему при оценивании высот уровней жидкости в баках компонентов не используется имеющаяся в БЦВМ информация СУРТ о текущем запасе топлива;
- недостаточное внимание уделено вопросам отказоустойчивости предложенного бортового алгоритма к возможным отказам в измерительном тракте по каналам давлений в подушках баков и продольной перегрузки;
- значительная часть работы посвящена описанию методик КТИ и дополнительных испытаний РД191. Однако не ясен конкретный вклад автора в модификацию этих методик в связи с модернизацией бортового алгоритма;
- в тексте диссертации имеется ряд неточностей, в частности отсутствует рис. 20, на который имеются ссылки.

Отзыв на автореферат диссертации КБ «Салют» ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», составленный начальником отделения Кузнецовым С.В., начальником отдела Сорокиным В.А., ведущим инженером-конструктором Воробьевым Н.Н. и утвержденный заместителем генерального конструктора, д.т.н. Партолой И.С. Замечания: не сделана попытка определить уровень тяги, при котором необходимо

вводить в алгоритм управления поправки по входным давлениям компонентов топлива; для модификаций двигателя РД191 уровень дроссельного режима может быть и выше 30% $P_{ном}$; недостаточно обосновано (из-за малой статистики испытаний) отсутствие необходимости введения поправки по входным давлениям для режима КСТ при работе в течение 8-20с.

Отзыв на автореферат диссертации советника президента ОАО «РКК «Энергия», д.т.н., профессора Б.А. Соколова. Замечания отсутствуют.

Отзыв на автореферат диссертации «КБхиммаш им. А.М. Исаева» - филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», составленный ведущим инженером-конструктором Мальцевым М.В. и утвержденный генеральным конструктором, к.ф.м.н. Смирновым И.А. Замечания: в автореферате изложен материал по подготовке двигателя РД191 к летным испытаниям (ЛИ) в составе РН «Ангара», однако, отсутствует информация о ЛИ РД191 в составе корейского РН «KSLV», о двигателе РД193, планируемом к использованию в РН «Союз-2.1в» и о двигателе РД181 для РН «Antares»; из автореферата следует, что при упрощении системы управления и регулирования двигателя из него были исключены несколько агрегатов и трубопроводов, а также заменены привода, однако не была приведена оценка изменившейся массы двигателя; в автореферате отсутствует информация о возможных доработках системы управления и изменении при этом массы РН при данном изменении алгоритма регулирования РД.

Отзыв на автореферат диссертации 4 ЦНИИ МО России, составленный научным сотрудником, к.т.н. Бескоровайным Н.С., начальником отдела Мустюковым П.Е., начальником управления, к.т.н. Шкарбанем В.В. и утвержденный заместителем начальника 4 ЦНИИ МО России по научной работе, к.т.н. Спренгелем А.В.. Замечания:

- автор нечетко формулирует задачи диссертационного исследования и допускает рассогласование между задачами и результатами исследования. В частности, автор ставит задачу №2 разработать «методику, позволяющую учитывать влияние входных давлений компонентов на точность управления и регулирования на режимах глубокого дросселирования», а на защиту выносит «алгоритм управления и

регулирования двигателя...». Из самой формулировки задачи не ясно назначение методики, а в автореферате отсутствует ее описание;

- формулировка научной новизны не дает ясного представления о вкладе диссертационного исследования в развитие науки. Новизна методики (пункт №1) не может быть оценена, поскольку из приведенной формулировки не ясно назначение методики. Алгоритм управления и регулирования ЖРД (пункт №2) не является вкладом в развитие науки, его следует упомянуть с точки зрения практической значимости исследований.
- предмет исследования сформулирован неверно. Предметом исследования является влияние изменений входных давлений компонентов топлива на тягу двигателя и соотношение массовых расходов компонентов топлива, а также способы учета этого влияния в процессе регулирования работы двигателя.

Отзыв на автореферат диссертации ФГУП «НПЦАП», составленный начальником отделения, к.т.н. Морозовым В.В. и утвержденный первым заместителем генерального директора по научной работе, первым заместителем генерального конструктора, д.т.н., профессором Немкевичем В.А. Замечания: нет конкретных данных по отклонениям фактически реализованных в полете РН «Ангара-А5» значений R и K_m от заданных, хотя это можно получить как по аналоговой телеметрии параметров ДУ, так и по результатам идентификации указанных параметров средствами системы управления и системы СУРТ по цифровой ТМИ.

Отзыв на автореферат диссертации ФГУП ЦНИИмаш, составленный начальником отдела 4101 Гусевым Ю.Г., начальником лаборатории отдела 4101, к.т.н. Артюховым Ю.А., главным научным сотрудником отдела 4101, д.т.н. Бершадским В.А. Замечания: отсутствие в автореферате сведений о принятых технических решениях, связанных с регуляторами расхода двигателя и блок-схемой регулирования режимов его работы, для практического использования усовершенствованных алгоритмов.

Отзыв на автореферат диссертации СГАУ (национального исследовательского университета), составленный директором института «Двигатели и энергетические установки», д.т.н., профессором Ермаковым А.И., профессором кафедры автоматических систем энергетических установок, д.т.н. Гимадиевым А.Г. и

утвержденный первым проректором, проректором по науке и инновациям, д.т.н., профессором Прокофьевым А.Б. Замечания: отсутствие математической модели агрегатов, выполненных в программном пакете высокого уровня и связанных в общую, отражающую работу ЖРД модель.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются компетентными учеными в области диссертационного исследования, что, в том числе, подтверждается их научными публикациями. Выбор ведущей организации обосновывается широкой известностью ее достижений в области научных исследований, рассматриваемых в диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика, позволяющая учитывать влияние входных давлений компонентов на тягу и соотношение расходов компонентов топлива с целью повышения точности задаваемых системами управления (стендовые системы или системы ракеты-носителя) значений тяги и соотношения расходов компонентов топлива мощных многорежимных маршевых ЖРД;

предложены:

- 1) метод проведения испытаний двигателей, который позволяет определить коэффициенты влияния величин входных давлений компонентов топлива для последующего их использования в алгоритме управления и регулирования двигателя,
- 2) усовершенствованные алгоритмы настройки, управления и регулирования двигателя РД191 с помощью зависимостей, определяющих кодовые команды, выдаваемые системами управления на приводы управляющих и регулирующих органов, учитывающие особенности работы двигателя на режимах глубокого дросселирования (~30-27% тяги);

доказана эффективность разработанной методики, а также разработанного на ее основе алгоритма управления и регулирования двигателя РД191 при полете ракеты-носителя и при проведении огневых стендовых испытаний в эксплуатационном диапазоне значений тяги и соотношения расходов компонентов топлива в широких пределах изменения входных давлений компонентов топлива на всех режимах работы двигателя РД191, в том числе на участке глубокого дросселирования.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано существенное влияние входных давлений компонентов топлива на соотношение расходов компонентов топлива, проявляющееся на режимах глубокого дросселирования;

применительно к проблематике диссертации эффективно использована существующая математическая модель двигателя РД191;

проведена модернизация алгоритма управления и регулирования двигателя РД191 в части введения в расчет кодов команд, выдаваемых на привод дросселя горючего, поправки ΔK_{m_p} (поправки, учитывающей влияние входных давлений компонентов топлива на соотношение расходов компонентов топлива).

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

разработаны и внедрены модернизированные алгоритмы управления и регулирования двигателя РД191 при проведении контрольно-технологического (приемо-сдаточного) испытания, доводочных испытаний и штатной эксплуатации двигателя при полете ракеты-носителя (акт внедрения результатов диссертационного исследования №АВ.728-001-2015 ОАО «НПО Энергомаш»), обеспечивающие высокоточное управление и регулирование в условиях изменения значений входных давлений компонентов топлива на любых режимах работы двигателя.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использованы алгоритмы, модернизированные на основе разработанной методики учета влияния изменения входных давлений компонентов топлива, обеспечивающие высокую точность при управлении и регулировании, которые отработаны и подтверждены в процессе огневых испытаний двигателя РД191 в диапазоне изменения режимов по тяге 105-27% с учетом изменения значений входных давлений компонентов топлива на огневых стендах ОАО «НПО Энергомаш» и при проведении летных испытаний ракет-носителей «Ангара-1.2ПП» 09.07.14г. и «Ангара-А5» 23.12.14г.,

теория согласуется и подтверждается опубликованными экспериментальными данными, полученными в результате обработки информации, поступающей от научно-испытательного комплекса ОАО «НПО Энергомаш», в котором проведены огневые испытания двигателей РД191.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке новой методики проведения испытаний двигателей РД191, на основе которой определено влияние изменения входных давлений компонентов топлива на их соотношение расходов;
- проведении анализа результатов испытаний;
- определении коэффициентов влияния входных давлений компонентов топлива на тягу и соотношение расходов компонентов топлива;
- введении в технические условия на двигатель РД191 разработанных алгоритмов управления и регулирования, включающих управление двигателем при работе на режиме глубокого дросселирования (~27-30% по тяге), с учетом изменения значений входных давлений компонентов топлива;
- апробации результатов исследования;

На заседании 08.06.2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Пушкареву Д.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 23, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета

Равикович

Юрий Александрович

Ученый секретарь диссертационного
совета

Зуев

Юрий Владимирович

8 июня 2015 г.

