

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.125.08 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (МАИ)
МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РФ) ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК.

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 06.10.2014г. № 7

О присуждении Чудиной Юлии Сергеевне, гражданке РФ ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Рабочие процессы в ракетном двигателе малой тяги на газообразных компонентах топлива кислород и метан» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 30.06.2014г., протокол №3 диссертационным советом Д212.125.08 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ), 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета - № 2249-1460 от 02.11.2007 г., об изменении состава диссертационного совета - № 1986-540/1460 от 21.11.2008 г., о продлении срока действия диссертационного совета - № 1925-601 от 08.09.2009 г., 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 11.04.2012 г., об изменении состава диссертационного совета - № 580/нк от 22.08.2012 г.

Соискатель – Чудина Юлия Сергеевна, 1988 года рождения, работает младшим научным сотрудником в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ).

В 2010 году соискатель с отличием окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (государственный технический университет)» (МАИ) Федерального агентства по образованию, в 2013 году соискатель окончила обучение в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ).

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

Научный руководитель – доктор технических наук, Козлов Александр Александрович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ), кафедра «Ракетные двигатели», профессор.

Официальные оппоненты:

Денисов Константин Петрович, доктор технических наук, временно не работает;

Усов Генрих Леонидович, кандидат технических наук, федеральное государственное унитарное предприятие "Научно-производственное объединение "Техномаш" (ФГУП «НПО «Техномаш»), отделение №250, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Конструкторское бюро «Салют» (КБ «Салют) - филиал государственного космического научно-производственного центра им. М.В.Хруничева (ГКНПЦ им. М.В.Хруничева), г. Москва в своем положительном заключении, подписанном Бизяевым Ростиславом Владимировичем, доктором технических наук, профессором, секретарем НТС КБ «Салют» ГКНПЦ им.М.В.Хруничева; Сусловым Юрием Григорьевичем, кандидатом технических наук, ведущим инженером-конструктором; Левушкиным Юрием Александровичем, начальником сектора; Елисеевым Вячеславом Владимировичем, кандидатом технических наук, заместителем начальника отдела; Партола Игорем Станиславовичем, доктором технических наук, заместителем генерального конструктора; утвержденном Бахваловым Юрием Олеговичем, доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора ГКНПЦ им. М.В.Хруничева, Генеральным конструктором КБ «Салют» указала, что диссертационная работа Чудиной Юлии Сергеевны «Рабочие процессы в ракетном двигателе малой тяги на газообразных компонентах топлива кислород и метан» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические решения по совершенствованию конструкций РДМТ и методические разработки, имеющие существенное значение для развития ракетной отрасли, характеризующиеся новизной и практической полезностью; диссертационная работа имеет достаточное количество теоретических и практических результатов, снабжена пояснениями, таблицами и рисунками; по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа соответствует требованиям и критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ для диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата наук, автор диссертации – Чудина Юлия Сергеевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 7 работ; работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, 2. Из 7 работ по теме диссертации 4 работы – тезисы докладов на научных конференциях общим объемом 0.5 п.л., 2 работы – статьи в ведущих рецензируемых журналах общим

объемом 1.56 п.л., 1 работа – программа для ЭВМ. Все работы опубликованы в соавторстве. Краткая характеристика работ: приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований ракетных двигателей малых тяг, работающих на газообразном кислородно-метановом топливе, проведено сравнение данных, полученных с использованием нескольких существующих методик инженерной оценки теплового состояния ЖРД с результатами математического моделирования рабочих процессов в камере сгорания РДМТ в трехмерной постановке, проведена оценка возможности использования композитных материалов для камер сгорания с применением численных методов исследования, представлена программа для ЭВМ для математического и интерактивного графического анализа данных, полученных в процессе экспериментального испытания жидкостного ракетного двигателя малой тяги, работающего на газообразных метане и кислороде. Представленные в работах результаты получены либо лично автором, либо при непосредственном участии автора диссертационной работы.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Коватова, Ю.С. Жидкостной ракетный двигатель малой тяги на топливе газообразный кислород и газообразный метан - разработка, проектирование, испытания и анализ полученных результатов [Текст] / Ю.С.Коватова, А.Г.Воробьев, И.Н.Боровик, А.Н.Хохлов, И.С.Казеннов // Вестник МАИ, т. 18, №3.-М: МАИ, 2011. – С.45-54.
2. Коватова, Ю.С. Оценка теплового состояния камеры сгорания ЖРДМТ, работающего на экологически чистых компонентах топлива [Электронный ресурс] / Ю.С.Коватова, Д.Ю.Богачева // Электронный журнал «Труды МАИ», выпуск №65 (19 июня 2013г). URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=40191>.
3. Коватова, Ю.С. Математическая обработка и графическое отображение результатов огневых экспериментов при исследовании внутрикамерных процессов в жидкостном ракетном двигателе малой тяги, работающем на газообразных метане и кислороде [Программа] / Ю.С. Коватова, Д.Ю. Богачева // Программа для ЭВМ. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013615725 от 19 июня 2013г.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию ведущей организации КБ «Салют - филиала ГКНПЦ им. М.В.Хруничева, подписанный Бизяевым Ростиславом Владимировичем, доктором технических наук, профессором, секретарем НТС КБ «Салют» ГКНПЦ им.М.В.Хруничева; Сусловым Юрием Григорьевичем, кандидатом технических наук, ведущим инженером-конструктором; Левушкиным Юрием Александровичем, начальником сектора; Елисеевым Вячеславом Владимировичем, кандидатом технических наук, заместителем начальника отдела; Партола Игорем Станиславовичем, доктором технических наук, заместителем генерального конструктора; утвержденный Бахваловым Юрием Олеговичем, доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора ГКНПЦ им. М.В.Хруничева, Генеральным конструктором КБ «Салют». В отзыве приведены следующие замечания:

1. Используемые в математической модели уравнения рассредоточены по тексту третьей главы диссертации, что немного усложняет чтение и понимание особенностей разрабатываемой математической модели;
2. Не проводится сравнение результатов численного исследования с экспериментальными данными других авторов;
3. Не совсем понятно, что подразумевается под эффективностью топлива при рекомендациях использования его, в качестве унифицированного в объединенной двигательной установке.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, Денисова Константина Петровича, доктора технических наук. Отмечены следующие замечания по диссертационной работе:

1. Во введении автор говорит о возможности использования топлива кислород-метан как унифицированного в объединенной двигательной установке, включающей и ракетные двигатели малой тяги, однако не приводит даже примерной схемы этой установки;
2. При достаточно подробном описании экспериментального этапа исследования в работе автор не дает значений удельных характеристик двигателя, в частности, удельного импульса, для проектного режима работы двигателя с давлением в камере сгорания 1 МПа;

3. Автором не приводятся экспериментальные данные при работе двигателя в условиях вакуума.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, Усова Генриха Леонидовича, кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника ФГУП «НПО «Техномаш». Замечания по диссертационной работе:

1. На стр.5 диссертации отсутствует расшифровка сокращения CNES;
2. В работе не очень четко оговорено, почему разработанная методика основана на численном моделировании, а не на аналитических методах исследования;
3. На стр.84 работы не пояснено неравенство $y^+ \leq 300$.

Все отзывы, поступившие на автореферат, положительные.

Отзыв на автореферат Кочанова Александра Викторовича, кандидата технических наук, ведущего специалиста отделения 1 ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В автореферате указывается на практическое отсутствие исследований по РДМТ на газообразных компонентах топлива, тогда как разработка и исследования экспериментальных образцов таких РДМТ, в том числе на топливе кислород-метан проводились в ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», МГТУ им. Н.Э.Баумана, ФГУП КБХМ им.А.М.Исаева. Имеются близкие по тематике работы, посвященные разработке и математическому моделированию процессов в кислородно-метановых РДМТ, такие как: Лапицкий В.И. «Математическое моделирование и экспериментальное исследование характеристик камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя малой тяги на метане и кислороде» - диссертация по специальности 05.07.05, 2006г.; Салич В.Л. «Проектирование высокоэффективных ракетных двигателей малой тяги на основе численного моделирования внутрикамерных процессов» - доклад на XVIII научно-технической конференции молодых ученых и специалистов ОАО РКК «Энергия» им. С.П.Королева», ноябрь 2008г. Желательно привести сравнение представленной математической модели с работами других авторов.
2. В работе приведено расчетное сравнение использования кислородной и метановой завесы защиты стенок камеры сгорания и показано преимущество метановой завесы. Однако, все рассмотренные эксперименты проведены с

кислородной завесой, которая и рекомендована для применения в РДМТ на газообразных кислороде и метане. Эффективность использования окислительной завесы и восстановительного ядра в камере не подтверждена при длительных испытаниях. Кроме того, основная часть экспериментов проведена на неоптимальных для достижения высокого удельного импульса тяги режимах с коэффициентом избытка окислителя $\alpha > 1$.

3. Результаты расчета по модели подтверждены испытаниями одного варианта РДМТ, что не позволяет судить о возможностях разработанной математической модели при изменении схемы смесеобразования и уровня тяги.

Отзыв на автореферат ОАО «НПО Энергомаш им. В.П.Глушко», подписан кандидатом технических наук, первым заместителем главного конструктора П.С.Левочкиным и доктором технических наук, первым заместителем исполнительного директора, главным конструктором В.К.Чвановым. В качестве замечания отмечено, что математическая модель подтверждена только в узком диапазоне тяг экспериментальной камеры, что существенно ограничивает диапазон ее использования. Необходимо для расширения диапазона использования методики провести ее верификацию с помощью результатов огневых испытаний метановых ЖРД в «КБХМ» и «Центре Келдыша».

Отзыв на автореферат, поступивший из «КБхиммаш им. А.М.Исаева» - филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В.Хруничева», составлен ведущим специалистом отдела 402 Кармановым А.Ю., подписан заместителем начальника отдела 410 Пегиным И.В. и кандидатом технических наук, главным конструктором направления – начальником отдела 410 Агеенко Ю.И., утвержден кандидатом физико-математических наук, генеральным конструктором «КБхиммаш им. А.М.Исаева» И.А.Смирновым. Следующие замечания:

1. Расчеты выполнены только для стационарной постановки, хотя РДМТ работают, как правило, в импульсных режимах;
2. Недостаточно внимания уделено конструкции системы зажигания и исследованию характеристик воспламенения в широком диапазоне начальных условий;

3. В рекомендациях, выработанных по результатам анализа теоретических и экспериментальных данных, в полной мере не описана предлагаемая конструкция двигателя, которая позволит обеспечить энергетическую эффективность двигателя с обеспечением приемлемого теплового состояния конструкции.

Отзыв ОАО «ВПК «НПО машиностроения» на автореферат подписан кандидатом технических наук, заместителем начальника ЦКБМ – начальником отделения ОАО «ВПК «НПО машиностроения» Новиковым Андреем Евгеньевичем, утвержден кандидатом технических наук, Заместителем генерального конструктора Д.А.Минасбековым. В качестве замечаний к автореферату отмечено следующее:

1. Не приведено обоснование выбора моделей турбулентности и горения в ANSYS CFX
2. Теоретические результаты эффективного завесного охлаждения с использованием метана не исследованы в экспериментах с РДМТ
3. Не представлена картина течения продуктов сгорания и размытия завесы

Отзыв на автореферат, поступивший из ОАО ТМКБ «Союз», подписан кандидатом технических наук, начальником экспериментально-испытательного отделения Петренко Владиславом Михайловичем, утвержден кандидатом физико-математических наук, Генеральным директором Яковлевым Н.Н. Сделаны следующие замечания:

1. В работе не исследовалось влияние длины юбки форсуночной головки на температуру камеры сгорания, хотя этот параметр может оказывать определенное влияние на взаимодействие потоков пристеночной завесы и ядра КС;
2. В третьей главе утверждается, что снижение максимальной температуры около огневого днища наблюдается при обратной подаче компонентов в форсунки, в то время как из таблицы 1 видно, что этот вывод справедлив только для $\alpha=0,1$ конструкций №1 и №3;
3. Из автореферата не ясно, проводился ли анализ влияния угла на выходе из форсунки на характеристики рабочего процесса.

Отзыв ФГУП «НИИмаш» на автореферат составлен и подписан кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником научно исследовательского отдела перспективных разработок ФГУП «НИИмаш» Саличем Василием Леонидовичем, утвержден заместителем директора по НИР – главным конструктором С.А.Булдашевым. Сделанное замечание: следовало бы отразить влияние на поле температур в камере сгорания значений модельного коэффициента B в выражении (10).

Отзыв на автореферат, поступивший из ФКП «НИЦ РКП», составлен кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником Орловым В.А., утвержден кандидатом технических наук, первым заместителем генерального директора по испытаниям и контролю качества Кучкиным В.Н. Замечание по работе – отсутствие оценок погрешностей за счет использования модели горения с использованием брутто-реакций. При использовании более детальной модели химических реакций, включающей одну глобальную реакцию окисления метана до H_2 и CO плюс 8-12 кинетических реакций, можно получить более достоверное распределение температуры, давления и скорости в расчетном объеме, хотя и ту же скорость образования конечных продуктов сгорания.

Отзыв ОАО «ГРЦ Макеева» на автореферат подписан кандидатом технических наук, главным ученым секретарем Калашниковым Сергеем Тимофеевичем, начальником отдела Бахаревым Вячеславом Матвеевичем, первым заместителем генерального конструктора ОАО «ГРЦ Макеева» Прокофьевым Виктором Константиновичем. Замечаний по автореферату нет.

Отзыв на автореферат, поступивший из ФГУП ЦНИИмаш, подписан начальником отделения 411 Ю.Г.Гусевым и доктором технических наук, заместителем генерального директора О.П.Клишевым. Следующие замечания:

1. Отсутствует обоснование выбранных длин цилиндрических участков исследуемых камер сгорания;
2. Не раскрыт вопрос оптимизации приведенной длины камеры сгорания;
3. Не приведена методика и планы экспериментов.

В отзыве на автореферат Яцуненко В.Г., кандидата технических наук, доцента кафедры ДЛА ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф.Решетнева» содержится следующее замечание:

1. В автореферате отсутствуют оценки метрологических показателей измерительных устройств, использованных для экспериментальных исследований.

Отзыв на автореферат, поступивший из ФГАОУ ВПО «Государственный аэрокосмический университет (НИУ)» (СГАУ), подписан доцентом кафедры теории ракетных двигателей летательных аппаратов СГАУ, кандидатом технических наук С.А.Шустовым и заведующим кафедрой теории ракетных двигателей летательных аппаратов СГАУ, доктором технических наук, профессором В.Н.Матвеевым. Замечания по автореферату:

1. Из содержания автореферата на ясно, при какой величине геометрической степени расширения \bar{F}_a проводились численные расчеты, в результате которых получены значения удельного импульса 747м/с и 1517м/с при использовании для завесного охлаждения кислорода и метана соответственно, и проводился ли при этих расчетах учет потерь удельного импульса в сопле.
2. Из представленных на рис.13 результатов следует, что экспериментально полученные значения тяги значительно (примерно на 40%) отличаются от результатов расчета, однако объяснений этому отличию не приводится.

Отзыв на автореферат Д.А.Ягодникова, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Ракетные двигатели» Московского государственного технического университет им. Н.Э.Баумана содержит следующие замечания:

1. В анализе расчетных результатов не приведено объяснение неравномерности (отсутствие центральной симметрии) распределения компонентов по поперечному сечению камеры сгорания (рис.5,в)
2. Экспериментальные результаты о тепловом состоянии юбки представлены как констатирующие факт перегрева. Желательно было бы сформулировать рекомендации по устранению последнего.

3. В анализе расчетно-экспериментальных данных отсутствует оценка эффективности рабочего процесса в камере сгорания, например, с использованием коэффициента расходного комплекса.
4. Имеются неточности в оформлении, например, обозначение тяги не по ГОСТ (рис.13).

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которым относится диссертационная работа, наличием публикаций по тематике исследования и согласием на оппонирование. Ведущая организация выбрана в соответствии с ее широко известными достижениями в ракетных отраслях науки, способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Ведущей организацией предоставлен отзыв на диссертацию и акт внедрения результатов диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика численного моделирования рабочих процессов в ракетных двигателях малых тяг, работающих на газообразном топливе кислород-метан, позволившая выявить особенности явлений, происходящих при смешении и горении в камере сгорания двигателя;

доказана перспективность использования предложенной методики численного моделирования в качестве инженерной методики на этапе оценки совершенства разрабатываемой конструкции РДМТ, работающего на газообразном кислородно-метановом топливе.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны некоторые положения теории ракетных двигателей относительно применимости их в исследованиях рабочих процессов в ракетных двигателях малых тяг, что вносит вклад в расширение представлений о процессах, происходящих в камерах сгорания ракетных двигателей малых тяг, работающих на газообразном кислородно-метановом топливе;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих и общепризнанных методов численного исследования

процессов гидро-газодинамики и горения на основе моделирования рабочих процессов в среде прикладных программ ANSYS CFX;

изучены взаимосвязи конструктивных параметров смесительных головок, камер сгорания, особенностей подач компонентов топлива в камеру сгорания и процессов смешения, горения компонентов, охлаждения стенок камеры сгорания;

проведена модернизация существующих алгоритмов и численных методов исследования рабочих процессов в РДМТ, обеспечивающих получение новых результатов по теме диссертации.

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

разработана и внедрена методика математического моделирования и численного исследования рабочих процессов в шестифорсуночном РДМТ;

определены перспективы практического использования разработанной методики изучения процессов в РДМТ на практике на этапах начальной разработки двигателей;

представлены рекомендации и предложения по дальнейшему совершенствованию схем подачи, смешения, горения компонентов в РДМТ, работающего на газообразных кислороде и метане, для обеспечения высоких энергетических показателей при сохранении удовлетворительного теплового состояния двигателя;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

в экспериментальной части работы результаты получены с применением аттестованных средств измерений и регистрации параметров, обеспечивающих удовлетворительную точность результатов экспериментов;

расчетно-теоретическая часть работы построена на известных научных положениях и методах расчета, фундаментальных законах сохранения массы, количества движения и энергии, фундаментальных уравнениях теории горения, известных теплофизических данных метана и кислорода и термодинамических данных при их взаимодействии, результаты расчетно-теоретической части работы удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными;

использованы современные методики сбора и обработки информации, поступающей из систем измерения данных в ходе экспериментальных исследований.

Личный вклад соискателя состоит в:

разработанной математической модели и методике расчета рабочих процессов в РДМТ, разработанной конструкции экспериментального РДМТ, проведенном критическом анализе результатов численного исследования, сопоставлении расчетных данных и экспериментальных результатов, выработанных рекомендациях по дальнейшему совершенствованию рабочих процессов в рассматриваемом типе двигателей, участием в проведении экспериментальных исследований, анализе, обработке и интерпретации полученных результатов, подготовке основных публикаций по выполненной работе. Представленные в диссертационной работе результаты получены при непосредственном участии автора работы, результаты работы докладывались и обсуждались на российских и международных конференциях.

На заседании 06.10.2014г. диссертационный совет принял решение присудить Чудиной Ю.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 8 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, проголосовали: за – 22, против – нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель

диссертационного совета

Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Зуев Юрий Владимирович

