

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

**Диссертационный совет:** Д212.125.08

**Соискатель:** Хохлов Алексей Николаевич

**Тема диссертации:** Совершенствование технологии уточняющих испытаний ракетных двигателей малых тяг

**Специальность:** 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**  
На заседании 21 декабря 2015 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалифицированную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Хохлову Алексею Николаевичу ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** *председатель диссертационного совета* Равикович Ю.А., *ученый секретарь диссертационного совета* Зуев Ю.В., члены диссертационного совета: Абашев В.М., Агульник А.Б., Демидов А.С., Дзюбенко Б.В., Каторгин Б.И., Козлов А.А., Коротеев А.А., Кочетков Ю.М., Краев В.М., Кулешов Н.В., Марчуков Е.Ю., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Новиков А.С., Попов Г.А., Тазетдинов Р.Г., Тимушев С.Ф., Хартов С.А.

Ученый секретарь диссертационного  
Совета Д 212.125.08, д.т.н., профессор



Зуев Ю.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.125.08 НА  
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО 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 21.12.2015г. № 43

О присуждении Хохлову Алексею Николаевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование технологии уточняющих испытаний ракетных двигателей малых тяг» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 19.10.2015 г., протокол № 33 диссертационным советом Д212.125.08 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ), 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, 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 08.08.2009 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 №508/нк от 22.08.2012 г., об изменении состава диссертационного совета - №548/нк от 06.10.2014 г.

Соискатель – Хохлов Алексей Николаевич 1986 года рождения, работает младшим научным сотрудником в федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ФГУП ЦНИИмаш) Федерального космического агентства (Роскосмос).

В 2011 году соискатель окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (государственный технический университет)»; в 2015 году соискатель окончил обучение в 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 образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ).

**Научный руководитель** – кандидат технических наук Коломенцев Александр Иванович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Ракетные двигатели», профессор.

**Официальные оппоненты:**

- Ягодников Дмитрий Алексеевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», кафедра «Ракетные двигатели», заведующий кафедрой;

- Мосолов Сергей Владимирович, кандидат физико-математических наук,

доцент, Государственный научный центр Российской Федерации – федеральное государственное унитарное предприятие «Исследовательский центр имени М.В.Келдыша», отделение «Жидкостные ракетные двигатели», начальник отделения

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** - Федеральное казённое предприятие «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности» (ФКП «НИЦ РКП»), г. Пересвет, в своем положительном заключении, подписанном Галеевым А.Г., д.т.н., проф., главным научным сотрудником; Борисовым В.В. начальником комплекса стендовых испытаний и утвержденном Кучкиным В.Н., к.т.н., доц., первым заместителем генерального директора по испытаниям и контролю качества, указала, что диссертационная работа Хохлова Алексея Николаевича является научно-квалификационной работой, в которой изложены теоретические и практические решения, имеющие существенное значение для развития ракетного двигателестроения. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Результаты диссертации имеют практическую значимость и запланированы к применению в ФКП «НИЦ РКП», а также могут быть использованы на предприятиях ракетно-космической отрасли при проведении испытаний РДМТ. В заключении отмечено, что диссертационная работа соответствует требованиям и критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ для диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата наук, а автор диссертации Хохлов Алексей Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 31 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации 26 общим объемом 11,3 п.л.; работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 6. Из 26 работ по теме диссертации 17 – тезисы докладов на научных конференциях, 6 – статьи в ведущих рецензируемых журналах, 1 – статья в зарубежном научно-техническом

журнале, 2 – свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Все работы опубликованы в соавторстве. В этих работах результаты получены либо лично автором, либо при непосредственном участии автора диссертационной работы.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Боровик И.Н., Воробьев А.Г., Хохлов А.Н. и др. Модернизация испытательного огневого стенда для исследования рабочих процессов в жидкостных ракетных двигателях малых тяг на экологически чистых компонентах топлива // Вестник Московского авиационного института. 2010. Т. 17. №1. С. 97-100.

2. Боровик И.Н., Воробьев А.Г., Хохлов А.Н. и др. Жидкостной ракетный двигатель малой тяги на топливе газообразный кислород и газообразный метан - разработка, проектирование, испытания и анализ полученных результатов // Вестник Московского авиационного института. 2011. Т. 18. №3. С.45-54.

3 Боровик И.Н., Воробьев А.Г., Хохлов А.Н. и др. Разработка экспериментально-расчетной системы исследования эффективности завесного охлаждения жидкостного ракетного двигателя малой тяги. [Электронный ресурс] // Электронный журнал "Труды МАИ", № 52 (5 апреля 2012 г). URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=29479>.

4. Коломенцев А.И., Ташев В.П., Хохлов А.Н. Определение перепада давления на форсунке керосина с различной концентрацией добавки полиизобутилена с использованием метода регрессионного анализа // Двигатель. 2012. N6(84). С. 28-29.

5. Коломенцев А.И., Хохлов А.Н. Планирование испытаний и построение регрессионных моделей удельного импульса тяги жидкостных ракетных двигателей тягой от 10 до 420 Н. // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф.Решетнева. 2013. №4. С. 177-182.

6. Коломенцев А.И., Хохлов А.Н. Программное обеспечение для планирования и обработки результатов испытаний жидкостных ракетных

двигателей малых тяг // Известия вузов. Авиационная техника. 2015. №1. С. 7-9;

7. Коломенцев А.И., Хохлов А.Н. Планирование и обработка результатов испытаний жидкостных ракетных двигателей малых тяг. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013615794 // опубликовано 20.06.2013 г.

8. Богачева Д.Ю., Заранкевич И.А., Хохлов А.Н. Экспериментально-теоретическая модель для исследования эффективности завесного охлаждения с использованием методов планирования эксперимента // Труды «19-ой научно-технической конференции молодых ученых и специалистов». 2011. РКК «Энергия». Королев. С. 220-224.

9. Коломенцев А.И., Хохлов А.Н. Обобщение результатов испытаний жидкостных ракетных двигателей малых тяг с использованием регрессионных моделей // Сборник трудов Международной недели авиакосмических технологий «Aerospace Science Week», 13-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика». 2014. МАИ (НИУ) Москва. С. 290-291.

10. Воробьев А.Г., Хохлов А.Н. Методика проведения уточняющих испытаний РДМТ на основе методов математического моделирования и регрессионного анализа // Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции «Ракетные двигатели и энергетические установки». 2015. КАИ (НИУ) Казань. С. 116-120.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

**Отзыв на диссертацию официального оппонента д.т.н., профессора Ягодникова Дмитрия Алексеевича.** Замечания по диссертационной работе следующие:

1. В главе №1 приводятся общеизвестные положения, определения и данные по разработке, экспериментальной отработке жидкостные ракетных двигателей и математической статистике.

2. В экспериментальной части работы отсутствует информация о первичных измерительных преобразователях, алгоритмах вторичной обработки, предельной погрешности регистрируемых величин (давлений, температур,

расходов и т.д.) и погрешности характеристик РДМТ (удельный импульс), определяемых косвенным способом. Кроме того, не рассмотрен вопрос влияния погрешности измерений на точность регрессионного анализа.

3. В регрессионной модели удельного импульса не учтена зависимость избытка окислителя (в расходе варьируемого компонента) от полноты сгорания топлива, которая является сильно нелинейной.

4. В работе практически отсутствует сравнение собственных данных (например, значений удельного импульса) с результатами экспериментальной отработки РДМТ и ЖРДМТ КБХиммаш им. А.М. Исаева и НИИМаш – только обработка данных ИЦ им. М.В. Келдыша, EADS.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента кандидата физико-математических наук, доцента Мосолова Сергея Владимировича.** Замечания по диссертационной работе:

1. Автор, с одной стороны дает развернутый материал по принципам построения регрессионных моделей для анализа результатов испытаний, с другой стороны, ограничивает собственные исследования разработкой моделей, связывающих только 2 параметра – удельный импульса тяги и температуру стенки камеры. В общем случае, может быть рассмотрено и другое сочетание базовых параметров. В частности, для особенностей режимов работы РДМТ и ЖРДМТ представляет интерес сочетание теплового состояния конструкции с циклограммой работы двигателя или с их ресурсными возможностями по наработке огневой работы и по количеству включений.

2. Автор в целом ряде случаев говорит о моделях для РДМТ, использующих экологически безопасные КТ, базируясь на результатах собственных экспериментов, тогда как подходы и общие принципы построения не должны ограничиваться только перечнем экспериментально апробированных КТ, а выводы должны носить более универсальный характер.

3. Результаты исследований автора основаны преимущественно на анализе собственных экспериментальных работах. Целесообразно было бы протестировать результаты исследований на современных опытно-

конструкторских работах, выполняемых в отраслевых КБ.

**Отзыв на диссертацию ведущей организации – ФКП «НИЦ РКП»,**  
г. Пересвет содержит следующие замечания:

1. Автор рассматривает только стационарный режим работы РДМТ. В работе приведены основные параметры РДМТ – удельный импульс тяги и температура конструкции, но исходя из того, что основной режим работы РДМТ импульсный, не раскрываются такие параметры, как время импульса, скважность импульса и т.д.

2. В работе не рассмотрен такой параметр как ресурс работы РДМТ, который является одним из основных для такого рода двигателей.

**Все отзывы, поступившие на автореферат, положительные.**

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, дан краткий обзор работы по главам, отмечены актуальность, новизна, достоверность полученных автором результатов и их практическая значимость.

**Отзыв на автореферат АО «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко»,** подписанный начальником отдела, докт. физ-мат. наук, профессором Л.Е. Стернин, начальником сектора В.А. Соловьевым и утвержденный заместителем генерального директора – Главным конструктором АО «НПО Энергомаш», докт. техн. наук, профессором В.К. Чвановым, содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Очень много места в автореферате уделено существующим технологиям проведения испытаний (на рис. 12 не отмечены штриховой линией).

2. Не совсем понятно, в каких случаях следует применять регрессионную модель 2-го порядка, а в каких можно ограничиться квазилинейной моделью.

3. Слабо представлено обобщение результатов испытаний. Несмотря на обилие в автореферате таблиц и графиков не приведено наглядного сравнения с результатам, получаемыми при использовании других моделей (применяемых,

например, в НИЦ РКП или КБХМ имени А.М. Исаева)

4. Встречаются досадные опечатки: в таблице 3 перепутаны столбцы, на стр. 22 указана ссылка на несуществующее Приложение А.

**Отзыв на автореферат АО «Конструкторское бюро химавтоматики (АО КБХА)»**, подписанный В.А. Туртушовым, доктором технических наук, начальником отдела АО КБХА, С.Н. Гарбера, кандидатом технических наук, заместителем начальника отдела АО КБХА и утвержденный главным конструктором АО КБ Химавтоматики, доктором технических наук, профессором В.Д. Гороховым, содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Излишне подробно изложена актуальность работы.
2. В автореферате не указано необходимое для экспериментальной отработки количество двигателей.

**В отзыве на автореферат**, подписанном В.И. Трушляковым, д.т.н., проф. кафедры «Авиа и ракетостроение» **Омского государственного технического университета (ОмГТУ)**, директором НОЦ «Космическая экология» ОмГТУ, член-корр. Сибирского отделения МАН ВШ, содержится следующее замечание:

- в автореферате не дается объяснение по выбору основных параметров двигателей, что является ключевым моментом при планировании испытаний.

**В отзыве на автореферат**, подписанный заместителем главного конструктора А.А. Борисенко, начальником отделения С.А. Кропотиним, инженером-конструктором О.В. Чеботаревым **РКК «Энергия им. С.П. Королева»**, содержится следующее замечание по содержанию работы:

- в автореферате модели удельного импульса и температуры стенки представлены в виде зависимости от массовых расходов компонентов топлива и никак не учитывают влияния остальных факторов (например, температура конструкции двигателя в момент запуска, температура и массовых расход теплоносителя СОТР, которые на практике меняются в широком диапазоне значений).

**В отзыве на автореферат ФГУП «Научно-производственное**

**объединение им. С.А. Лавочкина»,** подписанном Л.Г. Александровым, к.т.н., начальником сектора отдела «Двигательные установки» ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина» и утвержденном В.В. Ефановым, д.т.н., профессором, ученым секретарем ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», в качестве замечаний отмечается:

1. отсутствие данных по обоснованию выбора F-критерия для проверки используемых регрессионных моделей на адекватность;
2. отсутствие данных по требованиям к точности стендовых измерительных средств, участвующих в испытаниях, и влиянию их метрологических характеристик на адекватность используемой регрессионной модели и, в конечном счете, на объем испытаний.

**Отзыв на автореферат,** подписанный В.А. Алтуниным, д.т.н., профессором кафедры «Теплотехника и энергетическое машиностроение» **Казанского национального технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ (КНИТУ-КАИ),** академиком Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского (РАКЦ), президентом Казанского регионального РАКЦ при КНИТУ-КАИ, содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Желательно бы в комплексном рис.2 сделать 4 дополнительных обозначения: а), б), в), г), и расшифровать в подрисуночной надписи.
2. Желательно бы в комплексных рис. 4, 5, 6, 7, 10, 11 сделать по 2 дополнительных обозначения: а), б), и также расшифровать их в подрисуночных надписях.
3. Плохая читаемость данных на осях координат представленных графиков, а также нечеткость рисунков, что затрудняет точность определения необходимых параметров при использовании этих графических результатов исследования другими авторами.
4. Из автореферата неясно, возможно ли результаты данной диссертационной работы применить при разработке и создании РДМТ на таких компонентах, как кислород + керосин.

**Отзыв на автореферат,** подписанный В.М. Петренко, к.т.н., начальником экспериментально-исследовательского отдела **ОАО «Тураевское**

**машиностроительное конструкторское бюро «Союз»**, содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В автореферате не указано, в каком сечении определялась температура стенки двигателя и за какое время достигалась эта температура.

2. Не сказано, каким способом проводился замер тяги для определения удельного импульса, и в каких условиях по давлению окружающей среды проводились испытания.

3. По оформлению – на рисунках 5 и 6 приведены одни и те же графики, а обозначения оси абсцисс разные.

**Отзыв на автореферат**, подписанный А.Е. Новиковым, к.т.н., заместителем Центрального конструкторского бюро машиностроения АО «Военно-промышленная корпорация «Научно-производственное объединение машиностроения» (АО «ВПК «НПО машиностроения»), начальником отделения, и Г.Ф. Решем, к.т.н., первым заместителем начальника отделения АО «ВПК «НПО машиностроения», содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Первая глава представляется перегруженной общеизвестными положениями по экспериментальной отработке РДМТ и математической статистике.

2. Не понятно на каком основании автор вместо расходного комплекса использует удельный импульс для РДМТ, работающий не в условиях вакуума.

3. Для размерность удельного импульса целесообразно использовать систему СИ.

**Отзыв на автореферат**, подписанный В.П. Назаровым, к.т.н., профессором, заведующим кафедрой двигателей летательных аппаратов ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева (СибГАУ)», содержит следующее замечание по содержанию работы:

- в автореферате не в полной мере выдерживается принцип терминологического единообразия, что создает определенные сложности при

анализе представленной методики уточняющих испытаний и основных результатов научной работы.

**Отзыв на автореферат**, подписанный В.Н. Матвеевым, д.т.н., профессором, зав. кафедрой теории двигательных аппаратов **ФГАОУ ВО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. Академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет) (СГАУ)** и В.В. Рыжковым, к.т.н., в.н.с., научным руководителем НИЦ КЭ СГАУ, содержит следующее замечание по содержанию работы:

- из материалов автореферата, неясно для какой температуры стенки двигателя (максимальной, минимального сечения сопла или какой-либо другой) построены регрессионные модели ДМТ-МАИ-500П, ДМТ-МАИ-200М и др., а также почему в моделях по удельному импульсу тяги не учтен фактор влияния температуры стенки.

**Отзыв на автореферат**, подписанный В.Я. Модорским, д.т.н., заместителем декана аэрокосмического факультета по учебной работе, профессором кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций» **ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»**, содержит следующее замечание по содержанию работы:

- в представленной работе в недостаточной степени отражен выбор основных параметров РДМТ. Автор выбирает только удельный импульс тяги и температуру стенки, но не рассматривает, например, ресурс работы, время минимального импульса, скважность импульса и т.д.

**Отзыв на автореферат ФГУП «Научно-исследовательский институт машиностроения (ФГУП «НИИмаш)**, подписанный В.А. Муркиным, начальником научно исследовательского отдела испытаний и анализа, В.Л. Саличем, к.т.н., ведущим научным сотрудником научно исследовательского отдела перспективных разработок, и утвержденный С.А. Булдашевым, заместителем директора по НИР – главным конструктором, содержит следующее замечание по содержанию работы:

- целесообразно было бы провести в автореферате комментарии по уровню параметров двигателей МАИ-500П и МАИ-200М.

**Отзыв на автореферат ФГБОУ ВПО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» (БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**, подписанный А.А. Барановым, к.т.н., профессором кафедры «Космические аппараты и двигатели», и утвержденный С.А. Матвеевым, профессором, проректором по научной работе и инновационно-коммуникационным технологиям, содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. На этапе планирования важен выбор типа модели. Обоснование основано на анализе априорных данных, поэтому необходимо уточнить, почему для одной серии экспериментов выбрана квазилинейная модель, а для другой – квадратичная.

2. В четвертой главе целесообразно бы сделать вывод не только о применимости предлагаемого подхода, но и провести сравнение с выводами организаторов испытаний, что подтвердило бы адекватность моделей.

**Выбор официальных оппонентов обосновывается** их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа, что подтверждается публикациями по тематике исследования. Ведущая организация выбрана в соответствии с ее широко известными достижениями в научных исследованиях, испытаниях и разработках в двигателестроении, способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

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

**разработаны** усовершенствованные методики математического планирования испытаний и статистической обработки экспериментальных данных ракетных двигателей малых тяг, работающих на жидких и газообразных компонентах топлива, позволяющие сократить объем экспериментальной отработки двигателей;

**введена** рациональная методика составления матриц при математическом планировании испытаний, а также усовершенствованная методика статистической обработки экспериментальных данных испытаний ракетных двигателей малых тяг с построением регрессионных моделей основных параметров двигателей.

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

**доказана** эффективность усовершенствованной технологии испытаний, **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** современные физико-технические методы для решения инженерных задач по определению характеристик ракетных двигателей малых тяг;

**раскрыты** новые проблемы (проведения) технологии экономичных и экологичных уточняющих испытаний ракетных двигателей малых тяг, работающих на экологически безопасных компонентах топлива;

**изучены** и обобщены регрессионные модели основных параметров (удельного импульса тяги и температуры стенки камеры) ракетных двигателей малых тяг на различных компонентах топлива (как на токсичных, так и экологически безопасных) в широком диапазоне тяг (от 10 до 500 Н);

**проведена модернизация** программного обеспечения планирования экспериментов и статистической обработки результатов испытаний, обеспечивающее получение новых результатов по теме диссертации; построены адекватные регрессионные модели основных параметров ракетных двигателей малых тяг и определены гарантированные границы работоспособности двигателей.

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

**разработаны и внедрены** в федеральном казённом предприятии «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности» (ФКП «НИЦ РКП») при проведении испытаний жидкостных ракетных двигателей малых тяг в части составления циклограмм испытаний и планов экспериментов, а также при проведении статистической обработки результатов испытаний. А также в

учебном процессе при проведении лабораторных и практических занятий в Московском авиационном институте и Омском государственном техническом университете.

**определены** перспективы практического использования усовершенствованной технологии уточняющих испытаний при экспериментальной отработке ракетных двигателей малых тяг, работающих на газообразных и жидких компонентах топлива;

**создано** программное обеспечение для планирования экспериментов и статистической обработки результатов испытаний;

**представлены** методические рекомендации для проведения уточняющих испытаний ракетных двигателей малых тяг, в том числе методика построения матриц планов испытаний, статистической обработки результатов испытаний с построением адекватных регрессионных моделей, подтверждение значений параметров, заданным требованиям.

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** получение и обоснование данных по результатам испытаний ракетных двигателей малых тяг на натурном стенде с сертифицированными средствами измерений;

**теория** математического планирования, регрессионного анализа, а также использованием современных физико-технических методов для решения инженерных задач по определению характеристик ракетных двигателей малых тяг;

**использовано** согласование результатов теоретических и экспериментальных исследований с точностью, необходимой для определения характеристик ракетных двигателей малых тяг конкретной конструкции.

#### **Личный вклад соискателя состоит в:**

- **проведении автором** подробного анализа состояния вопроса по методологии испытаний ракетных двигателей малых тяг и существующих методов планирования и обработки результатов испытаний;

- **исследовании автором** выходных параметров и входных факторов для

построения планов экспериментов при испытаниях ракетных двигателей малых тяг, различных математических планов для построения регрессионных моделей, полученных регрессионных моделей в аналитическом и графическом виде;

- **непосредственном участии** соискателя в модернизации огневого стенда для испытаний, разработанных в Московском авиационном институте, двигателей малых тяг, планировании и проведении испытаний, обработке и интерпретации экспериментальных данных, построения регрессионных моделей основных параметров двигателей малых тяг, обобщении регрессионных моделей.

На заседании 21.12.2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Хохлову А.Н. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человека, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 23, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного

совета Д 212.125.08

д.т.н., профессор

Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь диссертационного

совета Д 212.125.08

д.т.н., профессор

Зуев Юрий Владимирович

Ученый секретарь МАИ,

к.т.н., доцент

21 декабря 2015 г.



Ульяшина Алла Николаевна