

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.08

**Соискатель:** Платонов Иван Михайлович

**Тема диссертации:** "Тепло-массообмен при взаимодействии струй в режиме газодинамического управления летательным аппаратом".

**Специальность:** 01.04.14 - "Теплофизика и теоретическая теплотехника",

**Решение** диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 30 декабря 2019 года диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Платонову Ивану Михайловичу 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., Козлов А. А., Кочетков Ю. М., Краев В. 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., Тазетдинов Р. Г., Тимушев С. Ф., Хартов С. А., Чванов В. К..

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

Зуев Юрий Владимирович



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.08,  
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 30.12.2019 г. № 34

О присуждении Платонову Ивану Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Тепло-массообмен при взаимодействии струй в режиме газодинамического управления летательным аппаратом» по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» принята к защите 29.10.2019г. (протокол заседания № 24) диссертационным советом Д212.125.08, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4; приказ Минобрнауки РФ о создании диссертационного совета – № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Платонов Иван Михайлович, 1990 года рождения, работает ассистентом в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2015 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный

исследовательский университет)». В 2019 г. окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

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

Научный руководитель – кандидат технических наук Быков Леонид Владимирович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Авиационно-космическая теплотехника», доцент.

Официальные оппоненты:

Калугин Владимир Тимофеевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», факультет «Специальное машиностроение», декан;

Иванькин Михаил Анатольевич, кандидат технических наук, федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», научно-исследовательское отделение аэродинамики силовых установок комплекса аэродинамики и динамики полета летательных аппаратов, начальник отдела

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное общество «Тураевское машиностроительное конструкторское бюро «Союз», г. Лыткарино, в своем положительном отзыве, подписанном Гусевым Виктором Михайловичем,

кандидатом технических наук, заместителем генерального директора по экспериментально-исследовательской работе и испытаниям, Петренко Владиславом Михайловичем, кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником и учёным секретарем НТС и утвержденном Шульгиным Александром Федоровичем, генеральным директором, указала, что практическая ценность работы состоит в выработанных рекомендациях по выбору метода газодинамического управления при разработке перспективных и модернизации существующих образцов ракетной и авиационной техники, в сокращении объёмов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при проектировании, производстве и эксплуатации изделий авиационной и ракетной техники нового поколения. Указанные научные и практические результаты диссертационной работы без сомнения могут найти широкое применение в разработках новых образцов авиационной и ракетной техники. Результаты работы могут быть использованы: АО «ГосМКБ «Вымпел им. И.И. Торопова», АО «ГосМКБ «Радуга» им. А.Я. Березняка», АО «ГНПП «Регион», АО «МКБ «Искра» им. И.И. Картукова», НПО им. С.А. Лавочкина, ПАО «Салют», ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова, АО «ВПК «НПО машиностроения», ФГУП «Московский институт теплотехники» (МИТ), АО «Конструкторское бюро машиностроения», а также в ряде других НИИ и КБ ОПК. Диссертация Платонова И.М. является целостной и завершённой научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научно-технической задачи, написана автором самостоятельно и содержит новые данные по тепло-массообмену взаимодействия струй. Она выполнена на высоком научно-техническом уровне и соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» в редакции Постановления Правительства РФ от 01.10.2018 г. № 1168, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а автор диссертации Платонов Иван Михайлович заслуживает присуждения искомой

степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 6 работ, общим объемом 1,16 п.л., из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ. Из 13 печатных работ: 5 – статьи в научных журналах, 8 – тезисы докладов на конференциях; 3 работы написаны автором единолично, 10 - в соавторстве.

Научные работы соискателя посвящены моделированию процессов ламинарно-турбулентного перехода на поверхности высокоскоростного летательного аппарата; исследованию процессов химической кинетики в камере сгорания высокоскоростного летательного аппарата; исследованию влияния геометрических параметров сопла летательного аппарата на эффективность двигательной установки; исследованию процессов тепло-массообмена и газовой динамики в результате взаимодействия высокоскоростных потоков.

Личный вклад автора заключается в:

- проведении верификационных расчетов по предложенным математическим моделям в сравнении с экспериментальными данными;
- проведении численных исследований влияния геометрических параметров сопла на тягу двигателя;
- проведении моделирования процессов ламинарно-турбулентного перехода на поверхности профиля крыла летательного аппарата

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значимые работы:

1. Molchanov A.M., Bykov L.V., Platonov I.M., Yanishev D.S. Influence of geometric parameters and chemical kinetics model on combustion in a supersonic flow // International Journal of Fluid Mechanics Research. 2017. Vol. 44, No. 6. P. 553-563.

2. Быков Л.В., Молчанов А.М., Янышев Д.С., Платонов И.М. Современные подходы к расчету характеристик течения при ламинарно-турбулентном переходе в пограничном слое // Теплофизика высоких температур. 2018. Т. 56, № 1. С.104–120.

3. Платонов И.М., Молчанов А.М., Быков Л.В. Анализ влияния геометрических характеристик сопла на тягу гиперзвукового двигателя // Тепловые процессы в технике. 2015. Т. 7, № 9. С. 405-409.

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

Отзыв на диссертацию официального оппонента Калугина В.Т., доктора технических наук, профессора содержит следующие замечания.

#### Замечания к главе 1.

1. Обычно в этой главе рассматриваются исследования все же по теме диссертации, и в результате делаются выводы, какие вопросы следует изучить в диссертации.

2. Нет ясности, почему управление вектором тяги (УВТ) впрыском жидкости диссертант назвал УВТ за счет изменения объема рабочего вещества, а на стр. 29 используется непонятный термин «коэффициент давления сопла».

#### Замечания к главе 2.

1. Уравнения Навье-Стокса не могут включать уравнения неразрывности, количества движений, энергии и т.д., так как уравнения Навье-Стокса - это уравнения, которые выражают закон сохранения количества движения.

2. Диссертационная работа все же не учебник, где приводятся систематизированные известные данные (в данном случае уравнения сохранения аэрогазодинамики).

3. Несколько странное название главы.

#### Замечания к главе 3.

1. Нет ясности, какие ограничения в алгоритме расчета обтекания применимы к математической модели.

2. Не указаны граничные условия для рассмотренных расчетных случаев и геометрические параметры области определения параметров обтекания.

3. Верификация результатов проводилась для упрощенной модели обтекания без учета физико-химических превращений.

4. Автор не дал пояснение по выбору меньшего объема сетки (3...5 млн.) для модели ЛА с выдувом газа по сравнению со случаем обтекания без инъекции (11...18млн.).

#### Замечания к главе 4.

1. Проведенное сравнение органов управления вектором тяги осуществлено не в полном объеме и не предусматривает оценку ОУ по критериям эффективности.

2. Представленные результаты были бы полезны для главы 1 настоящей работы и позволили бы более полно сформулировать задачи исследования.

#### Замечания к главе 5.

1. Нет ясности, как получен график управляющей силы  $N(M_K)$  на стр. 114. Почему представлены значения  $N$  в размерном виде и т.д.

2. Отсутствуют данные по тепловым потокам в зонах отрыва на корпус ЛА и аэродинамических поверхностях от выдува струй.

3. Не приведены данные о расходе инжестируемого газа на управление, интенсивности выдува струй, геометрических характеристиках системы управления.

По диссертационной работе можно сделать ряд общих замечаний, к числу которых относят следующие.

1. Отсутствуют выводы по главам.

2. Путаница в названиях и обозначениях коэффициента аэродинамических сил ( $C_x$  и  $C_{xa}$ ,  $C_y$  и  $C_{ya}$ ).

3. Не рассмотрены физические модели исследуемых процессов.

4. Недостаточно внимания в диссертации уделено тепловым процессам при струйном взаимодействии.

5. Несмотря на то, что диссертация посвящена тепло-массообмену при струйном управлении параметрами обтекания, в работе уделено слишком большое внимание многочисленным методам газодинамического УВТ (поворотное сопло, газодинамические рули, интерцепторы и т.д.). Это очень перегружает работу дополнительной информацией.

6. В тексте диссертации имеются неточности формулировок (например, стр. 67, 70 и т.д.).

Отзыв на диссертацию официального оппонента Иванькина М.А., кандидата технических наук содержит замечания:

1. В тексте диссертации не представлен раздел, описывающий исследования, выполненные по математической модели процессов химической кинетики в камере сгорания.

2. В тексте диссертации встречаются жаргонные выражения и досадные ошибки, портящие работу.

3. Отдельные рисунки (например, рис.3.1, 4.4, 4.6) за счет низкого качества (особенно в автореферате) не отражают представленную в них информацию. Масштабы рисунков, отображающих результаты численного расчёта, представленные с помощью использования цветового отображения параметров, необходимо увеличить. В форме, использованной в рисунках эти масштабы плохо видны и не дают никакой информации.

4. Отдельные результаты, полученные в диссертационной работе, требуют более детального анализа.

5. Характер взаимодействия потоков в хвостовой части авиационной управляемой ракеты во многом зависит от характера обтекания всего корпуса ракеты, состоянию пограничного слоя, который вносит свою роль в характер



взаимодействия струй. Об этом в диссертации не упоминается, хотя предварительные расчеты аэродинамических характеристик изолированного полета, безусловно, проводились.

Отзыв на диссертацию ведущей организации АО «Тураевское машиностроительное конструкторское бюро «Союз» содержит замечания:

1. в диссертации недостаточно подробно описаны условия проведения экспериментальных исследований, на которые ссылается автор;

2. в задачах, решаемых в диссертации, для достижения поставленной цели указана разработка математической модели химической кинетики в камере сгорания, хотя далее никаких упоминаний о решении уравнений химической кинетики нет;

3. в главе 1 часть рисунков, иллюстрирующих данные из зарубежных источников, содержит данные об условиях экспериментов на английском языке;

4. в математической модели описаны реакции диссоциации воздуха, хотя при тех скоростях, которые реально рассматриваются в работе, эти реакции не могут происходить;

5. в тексте диссертации имеется ряд опечаток.

Отзыв на автореферат диссертации Тупикина А.В., доктора физико-математических наук, старшего научного сотрудника Института теоретической и прикладной механики СО РАН содержит замечания:

1. Шкалы на многих рисунках не читаются, может, надо было сделать изображения более масштабными?

2. При вычислении аэродинамических коэффициентов ( $C_x$  и  $C_y$ ) какая площадь ракеты бралась (как рассчитывался газодинамический напор)?

3. Не понятно, откуда возникают боковые силы при нулевых углах (таблица 5 первая строка)?

4. Чем отличаются условия для первых строчек в таблицах 7 и 8 (в сопле нет щитков и ничего не выдувается)?

5. Последняя строка в таблице 10, почему возникают моменты по двум осям, если по одному из направлений нет силы?

6. В 5-ой главе рассматривается выдув с боковой поверхности. На какое число Маха спрофилировано сопло бокового выдува? Если оно звуковое, то, как объяснить результаты таблицы 12? (Корень из отношения температур не дает отношения скоростей на срезе сопла).

7. На графике рисунка 19 область  $M \approx 1$  обладает неустойчивостью, поэтому проводить линии через эту область, не имея данных, не совсем правильно (пример для трансзвукового обтекания крыла на рисунке).

Отзыв на автореферат диссертации Лившица М.Ю., доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» содержит следующие замечания.

1. В автореферате не приведена математическая модель автора, которую приходится искать в его публикациях. Это обстоятельство затрудняет оценку по автореферату оригинальности модели и адекватности численных процедур, их устойчивость и сходимости.

2. В автореферате не приводятся результаты статистической оценки экспериментов (доверительные интервалы, дисперсия, и т.п.).

3. Автор приводит результаты моделирования методов управления и их экспериментальное подтверждение без оценки динамических показателей качества управления – перерегулирования, колебательности и т.п.

Отзыв на автореферат диссертации Мамонтова Г.Я., доктора физико-математических наук, профессора Национального исследовательского Томского политехнического университета содержит замечания:

1. В работе были использованы только модели турбулентности, основанные на осреднении по Рейнольдсу. Полезно было бы

проанализировать выявленные газодинамические особенности с использованием вихререзающих моделей турбулентности и в нестационарной постановке.

2. Все количественные характеристики приведены в размерном виде. Было бы полезно ввести обезразмеривание аэродинамических сил и моментов и провести сравнение значений безразмерных коэффициентов для нескольких АУР различных классов.

Отзыв на автореферат диссертации Лексина М.А., кандидата технических наук, старшего научного сотрудника Публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва» содержит следующие замечания.

1. В автореферате отсутствуют данные по расчету аэродинамических характеристик исследуемой АУР при изолированном полете, не описан алгоритм такого расчета.

2. Рисунки, приведенные в автореферате, как правило, имеют слишком мелкий масштаб, что делает их практически не читаемыми.

3. В автореферате не приведен расчет внутренних течений в боковом сопле, нет указаний на выбор его профиля.

4. В тексте автореферата некорректно применяется термин «верификация».

Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет», составленный Никитиным В.А., кандидатом технических наук, профессором, и.о. заведующего кафедрой «Ракетное вооружение» и утвержденный Воротилиным М.С., доктором технических наук, доцентом, проректором по научной работе, содержит замечания:

1. Разработанный автором программный продукт следовало бы зарегистрировать в Фонде алгоритмов и программ.

2. Автор не придерживается общепринятой классификации газодинамических органов управления, согласно которой они делятся на

активные, реактивные и инжекционные органы управления, а самостоятельно их классифицировал (стр.3 автореферата), на наш взгляд не вполне корректно, например, введя такой метод как «изменение геометрии сопла».

3. В сводную таблицу результатов (таблица 10) целесообразно включить относительное управляющее усилие и относительные потери тяги, что улучшило бы восприятие представленных результатов и облегчило бы сравнительный анализ рассматриваемых способов газодинамического управления.

4. На рисунках, представляющих поля различных параметров потока, совершенно не видно численных величин цветной палитры.

5. В список опубликованных работ включены статьи автора, не относящиеся к теме диссертации.

Отзыв на автореферат диссертации сотрудников кафедры «Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет» (БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова) - Соляра А.Я., кандидата технических наук, доцента кафедры и Левихина А.А., кандидата технических наук, заведующего кафедрой - содержит замечание:

1. В работе имеется недостаток, связанный с определением характеристик управляющего потока на различных расстояниях от среза сопла двигателя.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Платонова И.М., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Калугина В.Т., доктора технических наук, профессора, декана факультета «Специальное машиностроение» в качестве официального оппонента обосновывается его широкой компетентностью в вопросах численного моделирования процессов газовой динамики и теплообмена, обширной практике в построении сеточных моделей и моделировании процессов горения и теплообмена. Калугин В.Т. является автором книг и

учебных пособий по аэродинамике летательных аппаратов, аэрогазодинамике органов управления полетом летательных аппаратов, моделировании процессов обтекания и управления аэродинамическими характеристиками летательных аппаратов. Калугин В.Т. регулярно публикует статьи по моделированию вихревых течений, методикам расчета аэродинамических характеристик летательных аппаратов, изучению тепловых процессов летательных аппаратов в рецензируемых научных журналах, в том числе в изданиях, входящих в международные системы цитирования, а так же выступает на международных конференциях.

Выбор Иванькина М.А., кандидата технических наук, начальника отдела научно-исследовательского отделения аэродинамики силовых установок комплекса аэродинамики и динамики полета летательных аппаратов, обосновывается его большим опытом в области проведения экспериментальных исследований аэродинамических характеристик летательных аппаратов различных типов, способов управления летательным аппаратом, а также исследований поведения летательных аппаратов в условиях сложного взаимодействия с различными видами течений. Иванькин М.А. регулярно публикует в рецензируемых научных журналах, в том числе в изданиях, входящих в международные системы цитирования, статьи по исследованию высокоскоростных течений в модельных камерах сгорания, аэрогазодинамике реактивных сопел, особенностях и характеристиках течений при взаимодействии с элементами летательного аппарата. Иванькин М.А. регулярно выступает на российских и международных конференциях.

Ведущая организация выбрана в соответствии с её высоким уровнем достижений в области разработки высокоскоростных летательных аппаратов с твердотопливными двигателями. Предприятие также выполняет исследования по созданию камер сгорания и регулируемых сопел для различных классов двигателей. Коллектив предприятия принял участие в создании таких изделий, как Х-22 «Буря», МиГ-29 и МиГ-31. На предприятии получила развитие тематика сверхзвуковых крылатых ракет (Х-31), в том числе с использованием твердотопливных ускорителей. Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию,

обладают опытом изучения процессов, протекающих в высокоскоростных, химически активных, турбулентных течениях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- предложена математическая модель сверхзвукового истечения реактивной струи с учетом химических реакций, позволяющая выявить качественно новые закономерности сложного взаимодействия управляющей струи и струи двигателя, характерные для работы двигательной установки летательного аппарата в процессе маневрирования;

- выявлена закономерность распределения параметров струи двигательной установки летательного аппарата, и их изменения под воздействием струи газодинамического управления и набегающего потока.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- применительно к анализируемой в диссертационной работе проблеме результативно использован комплекс классических численных методов решения задачи сверхзвукового течения и турбулентного тепло-массообмена;

- получены статистические данные по эффективности использования различных методов газодинамического управления, на основании которых сделан обоснованный выбор системы управления вектором тяги двигательной установки разрабатываемого летательного аппарата.

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

- представлены методические рекомендации по выбору метода газодинамического управления авиационной управляемой ракетой в соответствии со стратегическим назначением и условиями ее применения при разработке перспективных и модернизации эксплуатируемых образцов ракетной и авиационной техники.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- теория построена на использовании фундаментальных уравнений термо-газодинамики и тепло-массообмена и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

- при решении уравнений математической модели использовались эффективные численные методы, показавшие хорошую устойчивость и сходимость;

- установлено хорошее количественное совпадение полученных автором расчетных данных с экспериментальными данными других авторов, опубликованных в независимых источниках по данной тематике.

Личный вклад соискателя состоит в:

- составлении математической модели, описывающей комплекс процессов в зоне взаимодействия гетерогенных и гомогенных потоков высокоскоростного летательного аппарата с газодинамическим управлением при маневренном полете в плотных слоях атмосферы;

- проведении, с использованием составленной математической модели, комплекса модельных расчётов для авиационных управляемых ракет разных массогабаритных схем и методов газодинамического управления.

На заседании 30.12.2019 диссертационный совет принял решение присудить Платонову И.М. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.14, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 22, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель  
диссертационного совета  
доктор техн. наук, профессор



Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор техн. наук, профессор

Зуев Юрий Владимирович

30 декабря 2019 г.