

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.10

Соискатель: Борщев Никита Олегович

Тема диссертации: «Методы исследования тепловой модели конструкции спускаемого космического аппарата с учётом свойства анизотропии»

Специальность: 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 10 июня 2021 года диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным положением о присуждении учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, и принял решение присудить Борщеву Никите Олеговичу учёную степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета д.т.н., проф. Денискин Ю.И.; заместитель председателя, д.т.н. проф. Бойцов Б.В.; учёный секретарь диссертационного совета, к.т.н., доц. Денискина А.Р.; д.т.н., проф. Абашев В.М.; д.т.н., проф. Дудченко А.А.; д.т.н., проф. Комков В.А.; д.т.н., проф. Куприков М.Ю.; д.т.н., проф. Лисейцев Н.К.; д.т.н., проф. Подколзин В.Г.; д.ф.-м.н., проф. Рабинский Л.Н.; д.т.н., доц. Рахманов М.Л.; д.т.н., проф. Сидоренко А.С.; д.т.н., проф. Туркин И.К.; д.т.н., проф. Ушаков А.Е., д.т.н., проф. Фирсанов В.В.; д.т.н., проф. Шайдаков В.И.;

Председатель  
диссертационного совета Д 212.125.10  
д.т.н., профессор

Ю. И. Денискин

Учёный секретарь  
диссертационного совета Д 212.125.10  
к.т.н., доцент

А.Р. Денискина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.10,  
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 «10» июня 2021 г. № 12

О присуждении Борщеву Никите Олеговичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы исследования тепловой модели многоцветного элемента конструкции спускаемого космического аппарата с учётом свойства анизотропии» по специальности 05.07.03 «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» принята к защите 07 апреля 2021 г. (протокол заседания № 6), диссертационным советом Д 212.125.10 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.10 – № 4/нк от «2» ноября 2012 г.

Соискатель Борщев Никита Олегович, 1993 года рождения, гражданин Российской Федерации.

Борщев Н.О. в 2016 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Системы жизнеобеспечения и защиты ракетно-космических аппаратов».



В период подготовки диссертации соискатель Борщев Никита Олегович обучался в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» МАИ с 01.09.2016 по 31.08.2020 гг. Диплом об окончании аспирантуры серия 107718, номер 11779010, выдан 5 июля 2020 г. ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

В настоящее время Борщев Н.О. работает в АО «ЦНИИмаш» в должности инженера 2-й категории.

**Диссертация выполнена** на кафедре 614 «Экология, системы жизнеобеспечения и безопасности жизнедеятельности» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

**Научный руководитель** – кандидат технических наук, доцент кафедры 614 «Экология, системы жизнеобеспечения и безопасности жизнедеятельности» **Антонов Виктор Алексеевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

**Официальные оппоненты:**

**Семена Николай Петрович** – доктор технических наук, заведующий лабораторией астрофизических рентгеновских детекторов и телескопов, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт космических исследований Российской академии наук»,

**Савченкова Наталья Михайловна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Тепломассообменные процессы и установки», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем точной механики и управления Российской академии наук» (г. Саратов), в своём положительном заключении, подписанном заведующей лабораторией анализа и синтеза динамических систем в прецизионной механике ИПТМУ РАН, доктором физико-математических наук Барулиной Мариной Александровной, главным научным сотрудником лаборатории анализа и синтеза динамических систем в прецизионной механике, доктором физико-математических наук, доцентом Кондратовым Дмитрием Вячеславовичем и утверждённом ВРИО директора ИПТМУ РАН Костеревым Андреем Александровичем, указала, что диссертация Борщева Никиты Олеговича является законченной научно-квалификационной работой, в которой получено новое решение актуальной научно-технической задачи. Диссертация удовлетворяет всем требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК РФ, а её автор, Борщев Н.О., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Соискатель имеет 7 печатных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 4 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы.

Научные публикации соискателя посвящены:

- исследованию влияния внешней тепловой нагрузки на космические аппараты на этапах спуска с орбит;
- определению проектных параметров конструкций на основе решения обратных задач теплопроводности;
- исследованию влияния выбора метода регуляризации на сходимость решения обратных задач.

Авторский вклад заключается в разработке:

1. Обобщённой математической модели шпангоута активного стыковочного агрегата.



2. Алгоритма идентификации симметричного тензора теплопроводности шпангоута активного стыковочного агрегата по данным замеров температур.

3. Обобщённой методики идентификации симметричного тензора теплопроводности шпангоута активного стыковочного агрегата по данным замеров температур.

4. Проектных параметров ИК-имитаторов стенда для моделирования аэродинамического теплового нагрева шпангоута активного стыковочного агрегата многоразовых спускаемых космических аппаратов лучистым тепловым диффузным потоком.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Борщев, Н. О. Разработка модели внешних тепловых воздействий на космический аппарат / Н. О. Борщев, А. Е. Сорокин, А. Е. Белявский // СТИН. – 2019, № 9. – С. 31–34.

2. Борщев, Н. О. Алгоритм параметрического определения теплофизических характеристик покрытий / Н. О. Борщев, А. Е. Сорокин, А. Е. Белявский // СТИН. – 2019, – № 9. – С. 34–37.

3. Борщев, Н. О. Алгоритм определения тензора теплопроводности методом регуляризации Тихонова А. Н. в сферических координатах / Н. О. Борщев, А. Е. Сорокин, А. Е. Белявский // СТИН. – 2020, № 2. – С. 25–27.

4. Расчёт нестационарного температурного поля титановых изделий ракетно-космической техники, подверженных лучисто-конвективному нагреву / Н. О. Борщев, Д. К. Винокуров, О. А. Юранев, А. Е. Белявский, А. Е. Сорокин // Титан. – 2020, № 1(67). – С. 43 – 48.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы.** В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационной работы, дан краткий обзор работы, отмечены новизна и достоверность полученных результатов, а также их теоретическая и практическая значимость и рекомендации по использованию результатов. Все отзывы положительные.

**Отзыв на диссертацию ведущей организации** – федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем точной механики и управления Российской академии наук» (г. Саратов). **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. Не приведена траектория спуска аппарата, по которой было получено распределение аэродинамической нагрузки.

2. Не приведено обоснование используемых методов регуляризации.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Семены Николая Петровича** – доктора технических наук, заведующего лабораторией Астрофизических рентгеновских детекторов и телескопов федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт космических исследований Российской академии наук.

**Отзыв положительный.** Имеются замечания.

Основные претензии касаются стиля изложения работы. Теоретическую часть работы автор излагает в очень общих терминах и рассуждениях, что более подходит к учебной или справочной литературе. В диссертационной работе необходима адаптация общих рассуждений и моделей к конкретной проблематике работы. В результате текст работы сложен для понимания, поскольку дополнительные усилия требуются для ассоциирования общих теоретических выкладок с конкретными решаемыми автором задачами.

В работе ощущается явный дефицит графического материала. Так, например, на странице 98 даётся словесное описание двухуровневой сетки разбиения, которое все равно оставляет некоторые вопросы. В то время как графическое изображение данной сетки было бы более понятным и сократило бы время для восприятия материала.

Без некоторых фрагментов работа только бы выиграла. Так, излишними, по моему мнению, являются общефилософские и тривиальные высказывания, такие, например, как абзац на странице 11 – «Математическое моделирование это один из самых эффективных способов дать обоснованные рекомендации по исследованию какого-либо эффекта ...».



Отдельного внимания заслуживает классификация погрешностей, представленная на странице 43. Во-первых, эта классификация достаточно спорная. Во-вторых, далее в работе она практически не используется. Как и многие другие фрагменты работы, данную классификацию из диссертации можно исключить без потери ценности проведённых исследований.

Кроме того, в работе имеются несогласованные предложения, выпадение слов из предложений и неточности в определении некоторых параметров.

Гораздо меньше претензий к сути работы.

Отсутствует описание взаимодействия экспериментальной и теоретической частей работы. При этом в эксперименте при управлении нагревом не понятен смысл обратной связи по температурному полю, поскольку более логичным было бы сделать потоки и температуры независимыми параметрами.

Необходимо уточнение того, откуда взято реальное значение коэффициента теплопроводности, с которым сравниваются восстановленные компоненты тензора теплопроводности при анализе предложенного алгоритма в разделе 5.3.

Требует пояснения значительная погрешность (более 0,9) восстановленного компонента  $\lambda_{zx}$  тензора теплопроводности, найденного и методом регуляризации Тихонова и методом итерационной регуляризации.

Целесообразно сделать выводы и выдать рекомендации по результатам использования двух конкурирующих методов в алгоритме восстановления компонентов тензора теплопроводности.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Савченковой Натальи Михайловны** – кандидата технических наук, доцента кафедры «Тепломассообменные процессы и установки» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

**Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. Наземная тепловая отработка спускаемых аппаратов обычно проводится с использованием газодинамической установки, которая

моделирует тепловые условия спуска КА. В своей работе автор использовал тепловое испытание изделия с помощью кварцево-галогенных ламп накаливания. В работе отсутствует обоснование выбора данного подхода к проведению испытаний.

2. В первой главе не представлен обзор существующих методов регуляризации обратных коэффициентных задач теплопроводности, по которому можно было бы судить об эффективности используемых в данной работе методов.

3. Диссертационная работа написана технически грамотным языком, отслеживается логика изложенного материала, но в тексте присутствуют грамматические ошибки, а также встречается несоблюдение требований по оформлению рукописей, например, в списке литературных источников.

4. Во второй главе при составлении обобщённого функционала Лагранжа не ясно, почему в качестве ограничения была взята нетривиальная постановка вариации температурного поля.

6. В третьей главе при выборе проектных параметров нет оценки точности полученных вычислений в зависимости от количества испускаемых лучей при решении данной задачи методом прямой трассировки лучей.

7. В четвертой главе не приведена аналитическая оценка сходимости по выбираемому шагу интегрирования.

**Отзыв на автореферат диссертации «Государственного космического научно-производственного центра имени М.В. Хруничева»,** подписанный начальником отдела аэрогазодинамики тепловых нагрузок и проектирования моделей КБ «Салют» АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» Каракотиным Иваном Николаевичем и утверждённый первым заместителем генерального конструктора КБ «Салют» по проектно-расчётным работам и космическим комплексам «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» д.т.н., профессором Владимировым Александром Владимировичем.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

Текст автореферата, не смотря на корректировки в соответствии с



новыми требованиями к оформлению авторефератов, по-прежнему содержит заметное количество грамматических, стилистических ошибок и неточностей. В тексте автореферата не полностью раскрыта модернизация численного метода для реализации параметрической идентификации модели теплопереноса. Автор использует термин «теплопроводность» как обозначение физической величины, что не совсем корректно и должно быть заменено на «коэффициент теплопроводности».

**Отзыв на автореферат диссертации АО «НПО Лавочкина»,** подписанный ведущим конструктором, кандидатом технических наук А.Ф. Шабарчиным, утверждённый заместителем генерального директора по научной работе, доктором технических наук, профессором С.Н. Шевченко. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Не обоснована постановка прямой задачи теплопроводности в связи с тем, что нет априорной информации об объекте исследования.

2. В экспериментальной части не объясняется почему аэродинамический нагрев имитировался инфракрасными имитаторами, а не с помощью газодинамической установок.

**Отзыв на автореферат диссертации ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина»,** подписанный ведущим научным сотрудником 21 отдела ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина», доктором технических наук, доцентом Саевым В.Н., заверенный секретарём научно-технического совета ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина» А. В. Кальминым.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В автореферате нет разделения написания текстов первой и второй глав, хотя по анализу основных задач исследования (стр. 4) ясно, что оно должно быть в середине 9 страницы автореферата.

2. Не приведён критерий эффективности полученного распределения лучистой падающей тепловой нагрузки по пространству шпангоута на основе решения обратной задачи радиационного теплопереноса.

3. В автореферате нет сведений о разработанном программном обеспечении по идентификации вектора теплопроводности.

4. Нет оценки сходимости итерационного процесса от доверительной погрешности, которая могла бы сделать вывод об устойчивости решения поставленной задачи.

**Отзыв на автореферат диссертации АО «Национального центра вертолётостроения им. М.Л. Миля и Н.И. Камова»,** подписанный начальником группы КБ-4.3.2 «Внешние нагрузки и аэроупругость», кандидатом технических наук М.М. Кручининым, начальником группы КБ-5.4.2 «Надёжность и безопасность полётов вертолётов», кандидатом технических наук Д.В. Андреевым, заверенный начальником службы кадров А. А. Алимовым.

Отзыв положительный. Имеется замечание: не приведены данные по валидации огромного количества методов регуляризации, применяемых при решении коэффициентных обратных задач теплопроводности и др.

**Отзыв на автореферат диссертации ФГБУ 4-го Центрального Научно-Исследовательского института Министерства обороны Российской Федерации,** подписанный старшим научным сотрудником, к.т.н. С.А. Никулиным, начальником отдела П.Е. Мустюковым, начальником 2-го управления, старшим научным сотрудником, кандидатом технических наук О.П. Пышным, заверенный заместителем начальника по научной работе ФГБУ 4-го Центрального Научно-Исследовательского института Министерства обороны Российской Федерации, старшим научным сотрудником, кандидатом технических наук, В.В. Шкарбанем.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

Не раскрыта причина большого расхождения между результатами натурных испытаний и пространственно-временной моделью (ПВМ) при лучистом теплообмене с использованием кварцевых галогенных ламп процесса распределения.



Не показано влияние полученных отклонений на точность воспроизведения условий спуска спускаемого аппарата в атмосфере.

**Отзыв на автореферат диссертации ФГБУ ВО «Омский государственный технический университет» (ОмГТУ)»,** подписанный профессором кафедры «Инженерная геометрия и САПР», доктором технических наук Притыкиным Ф.Н., заверенный начальником управления кадров Духовских Ю.А.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Не приведена траектория спуска космического аппарата, по которой моделировался аэродинамический нагрев.
2. Нет пояснения моделирования аэродинамического спуска объекта исследований с помощью ламп накаливания.
3. Не ясно, почему в качестве исследуемых параметров взят тензор теплопроводности материала.

**Отзыв на автореферат диссертации АО «ВПК «НПО машиностроения»,** подписанный начальником отдела, к.т.н. Шестаковым А.А., заверенный учёным секретарём НТС, к.ф.-м.н., Л.С. Точиловым и утвержденный Заместителем Генерального директора Широковым П.А.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Не приведена траектория спуска космического аппарата, по которой моделировался аэродинамический нагрев;
2. Нет пояснения - какие источники энергии используются при моделировании аэродинамического спуска для объекта исследований;
3. Хотелось бы видеть обоснование использования тензора теплопроводности в качестве исследуемого параметра.

**Отзыв на автореферат диссертации публичного акционерного общества «Авиационная холдинговая компания «Сухой»,** подписанный главным специалистом, к.т.н. Викулиным Ю.Ю., заверенный заместителем начальника центра кадрового сервиса Марцевой Н.И.

Отзыв положительный. Имеется замечание: в работе следовало бы привести обоснование выбора предложенного метода регуляризации.

**Отзыв на автореферат диссертации АО «НПО Энергомаш им. акад. В.П. Глушко»**, подписанный д.т.н., главным специалистом расчётно-теоретического отдела АО «НПО Энергомаш им. акад. В.П. Глушко», Мартиросовым Д.С., заверенный учёным секретарём специального диссертационного совета ДС 403.009.001, к.т.н Семиной Е.Н.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Отсутствие обоснования выбранного метода решения «прямой» задачи теплообмена.
2. Отсутствие характеристик трудоёмкости проведения расчётов.

**Отзыв на автореферат диссертации ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С. П. Королева»**, подписанный ведущим инженером, к.т.н. М. Р. Ахмедовым, заверенный начальником службы организации научной деятельности, главным учёным секретарём научно-технического совета ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С. П. Королева», к.т.н., М.Н. Решетниковым.

Отзыв положительный. Замечаний нет.

**Отзыв на автореферат диссертации Федерального казённого предприятия «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности»**, подписанный начальником ИС-618 В.В. Бояркиным, заместителем генерального директора по науке, к.т.н., доцентом И.А. Юрьевым, утвержденный Генеральным директором Федерального казённого предприятия «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности», д.т.н. Н.П. Сизяковым.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В тексте автореферата присутствуют грамматические и стилистические ошибки и неточности.



2. В работе рассмотрено применение кварцево-галогенных ламп накаливания без сравнительной характеристики данного вида источников излучения с возможными аналогами и не аргументирован их выбор.

3. Не приведены обоснования выбранных методов регуляризации.

**Отзыв на автореферат диссертации Российской инженерной академии, Секции «Инженерные проблемы стабильности и конверсии»,** подписанный заместителем директора АНО «СИП РИА» по НИОКР, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, В. В. Шведом, утверждённый Директором Автономной некоммерческой организации «Секции «Инженерные проблемы стабильности и конверсии», кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником В. Н. Ширинкиным. Отзыв положительный. Отмеченные замечания в работе:

1. Рассматриваемая двумерная постановка задачи существенно сужает область применения предлагаемых решений.

2. Исходя из материалов автореферата, не обоснована приемлемость расхождения результатов расчётов при использовании пространственно-временной модели и результатов, полученных в эксперименте, которые лежат в диапазоне от 9% до 50% (стр. 18), что ставит под сомнение точность разработанных моделей и алгоритмов.

3. В материалах автореферата недостаточно корректно сформулированы положения, определяющие основные результаты работы. Так, например, в положениях, выносимых на защиту не ясно отличие 2-го и 3-го пунктов, проектные параметры ИК-имитаторов (п. 4) являются, как правило, результатами научно-исследовательских или опытно-конструкторских работ. В диссертации же может предлагаться аппарат для их обоснования (что и приведено в диссертации). Аналогичные замечания относятся и к задачам, научной новизне и практической значимости работы.

4. В целом автореферат оформлен небрежно. Не соблюдена нумерация разделов, рисунки в автореферате деформированы, чтение их затруднено. Отсутствуют комментарии к результатам экспериментальной

тепловой обработки (рис. 6) и результатам моделирования температурного поля (рис. 7, 8). В работе авторов применяется терминологию, отличающуюся от общепринятой в среде специалистов космической отрасли. Автореферат содержит множество смысловых и речевых ошибок.

**Выбор официальных оппонентов обосновывается** тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в области исследований диссертационной работы.

**Семена Николай Петрович** имеет учёную степень доктора технических наук по специальности 05.07.03 «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» (технические науки). За предыдущие 5 лет имеет не менее 7 научных публикаций в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus, а также входящих в Перечень рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации.

**Савченкова Наталья Михайловна** имеет учёную степень кандидата технических наук по специальности 05.14.01 «Энергетические системы и комплексы» (технические науки). За предыдущие 5 лет имеет 5 публикаций в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации.

Вышеизложенное позволяет считать, что выбор официальных оппонентов является обоснованным, соответствует Постановлению ВАК о порядке присуждения учёных степеней № 842 от 24 сентября 2013 г. и Положению о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, утверждённому приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1093 от 10.11.2017 г.

**Выбор ведущей организации обоснован** тем, что в ведущей организации работают специалисты, достижения которых широко известны, в том числе и в отрасли науки, соответствующей тематике диссертации. Список основных публикаций сотрудников ведущей организации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:



1. Kondratov, D.V., Popov V.S., Popova, A.A. Hydroelastic Oscillations of Three-Layered Channel Wall Resting on Elastic Foundation // Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2020, P. 903-911.
2. Попов В.С., Попова А.А. Моделирование взаимодействия стенки канала с упругозакрепленным торцевым уплотнением // Компьютерные исследования и моделирование. 2020. Т. 12. № 2. С. 387-400.
3. Grushenkova E.D., Mogilevich L.I., Popov V.S. Hydroelastic response of three-layered plate interacting with pulsating viscous liquid layer // Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2019. P. 459-467.
4. Грушенкова Е.Д., Могилевич Л.И., Попов В.С., Попова А.А. Продольные и изгибные колебания трехслойной пластины со сжимаемым заполнителем, контактирующей со слоем вязкой жидкости // Труды МАИ. 2019. № 106.
5. Zemlyanukhin A.I., Andrianov I.V., Bochkarev A. V, Mogilevich L.I. The generalized Schamel equation in nonlinear wave dynamics of cylindrical shells. Nonlinear Dyn., 2019. <https://doi.org/10.1007/s11071-019-05181-5>
6. Mogilevich L.I., Popov V.S., Popova A.A., Christoforova, A.V. Hydroelastic response of three-layered beam resting on winkler Foundation // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conference Series, Volume 1210, 2019, 012098. doi:10.1088/1742-6596/1210/1/012098
7. Chernenko A., Mogilevich L., Popov V., Kondratov D., Popova E. Mathematical modeling of hydroelastic interaction between stamp and three-layered beam resting on Winkler foundation // Studies in Systems, Decision and Control. 2019. Vol. 199. P. 671-681.
8. Могилевич Л.И., Попов В.С., Попова А.А. Продольные и поперечные колебания упругозакрепленной стенки клиновидного канала, установленного на вибрирующем основании // Проблемы машиностроения и надёжности машин. 2018. № 3. С. 28-36.

9. Kondratov D.V., Mogilevich L.I., Popov V.S., Popova A.A. Hydroelastic oscillations of a circular plate, resting on Winkler foundation // Journal of Physics: Conference Series. 2018. 012057.

10. Могилевич Л.И., Попов В.С., Попова А.А. Динамика взаимодействия пульсирующей вязкой жидкости со стенками щелевого канала, установленного на упругом основании // Проблемы машиностроения и надёжности машин. 2017. № 1. С. 15-23.

11. Mogilevich L. I., Popov V.S., Popova A. A., Christoforova A. V., Popova E. V. Mathematical modeling of three-layer beam hydroelastic oscillations // Vibroengineering PROCEDIA, Vol. 12, 2017, P. 12-18.

12. Mogilevich L.I., Popov V.S., Popova A.A., Christoforova A.V. Mathematical modeling of hydroelastic walls oscillations of the channel on Winkler foundation under vibrations // Vibroengineering PROCEDIA, Vol. 8, 2016, p. 294-299.

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

– **разработана** методика параметрической идентификации тепловой модели анизотропного шпангоута стыковочного агрегата спускаемых космических аппаратов в обеспечении его теплового режима, отличительной особенностью которой являются впервые исследуемое тепловое состояние многоразового элемента конструкции;

– **разработаны** алгоритм и методика по идентификации симметричного тензора теплопроводности материалов, основанные на параметрической идентификации тепловой физико-математической модели распространения тепловых потоков в анизотропной среде методом итерационной регуляризации и методом регуляризации А.Н. Тихонова, отличительной особенностью которых является выбор регуляризирующего параметра;

– **модернизирован** численный метод для реализации параметрической идентификации математической модели теплопереноса тепловых потоков в анизотропных твёрдых телах, позволяющего вычислить компоненты тензора



теплопроводности. Отличительной особенностью модернизации является получение аналитических зависимостей для компонент градиента целевого функционала невязки, а также решение постановки «прямой» задачи теплообмена в цилиндрических координатах с заданием смешанного лучисто-конвективного теплового потока на одной из границ объекта испытаний.

– **проведён анализ** эффективности разработанного алгоритма с помощью вычислительного эксперимента. Сделаны выводы о влиянии выбранного метода регуляризации на сходимость и точность решения обратной задачи нестационарной теплопроводности;

– **решена** обратная задача радиационного теплопереноса энергии методом Монте-Карло по воспроизведению тепловой аэродинамической падающей нагрузки лучистым тепловым диффузным потоком для формирования натуральных условий проведения экспериментальной тепловой отработки активного стыковочного агрегата, результатом которой является обоснованный выбор проектных параметров экспериментального стенда, а именно тепловые мощности, задаваемые на ИК-имитаторах и их пространственное расположение

– **спроектирован** стенд по воспроизведению условий спуска в атмосфере испытуемого изделия с помощью ИК-имитаторов, позволяющего проводить экспериментальную тепловую отработку изделий многоразовых спускаемых аппаратов.

**Новые понятия** не вводились.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:** полученные выводы дополняют теорию теплового проектирования изделий ракетно-космической техники с явно выраженной анизотропией теплопроводности материала. Основные теоретические результаты могут стать основой для дальнейшего изучения теплового состояния конструкций спускаемых космических аппаратов при сверхкритическом тепловом нагружении.

**Практическая значимость исследования включает в себя:**

1. Методику по определению компонент симметричного тензора теплопроводности элемента шпангоута активного стыковочного агрегата.

2. Разработку прикладного программного обеспечения по определению ориентации главных осей тензора теплопроводности для материалов с явно выраженной анизотропией.

3. Выбор тепловой мощности ИК-имитаторов и их пространственного расположения для экспериментального стенда по моделированию внешнего теплосилового нагружения шпангоута активного стыковочного агрегата.

**Оценка достоверности результатов подтверждается** строгой постановкой задачи исследования с принятыми допущениями, чёткой формулировкой применяемых формализованных описаний, результатами программной реализации и хорошей сходимостью результатов теоретического исследования симметричного тензора теплопроводности шпангоута активного стыковочного агрегата с их реальными значениями.

Результаты работы неоднократно докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях и заседаниях: 16-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» – г. Москва, 2017; 17-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» – г. Москва, 2018; 15-я Российская конференция по теплофизическим свойствам веществ – г. Москва, 2018; 7-я Российская национальная конференция по теплообмену – г. Москва, 2018; 18-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» – г. Москва, 2019; 44-е академические чтения по космонавтике – г. Москва, 2020 г.

По материалам диссертации опубликовано 7 работ, в которых отражены основные положения исследования, в том числе 4 статьи в ведущих научных изданиях, включённых в перечень рецензируемых изданий ВАК и международные системы цитирования Web of Science и Scopus, а также тезисы докладов конференций.

Результаты работы внедрены в АО НПО «Энергомаш» в части создания алгоритма и методики по определению ориентации вектора



теплопроводности. Отдельные разделы работы используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» при чтении лекций по дисциплине «Конструирование и расчёт аппаратов систем обеспечения жизнедеятельности», а также при проведении курсового и дипломного проектирования.

**Личный вклад** соискателя состоит в:

1. Разработке обобщённой тепловой физико-математической модели шпангоута стыковочного агрегата.

2. Разработке алгоритма идентификации симметричного тензора теплопроводности шпангоута активного стыковочного агрегата по данным замеров температур.

3. Разработке обобщённой методики идентификации симметричного тензора теплопроводности шпангоута активного стыковочного агрегата по данным замеров температур.

4. Выборе проектных параметров ИК-имитаторов стенда для моделирования аэродинамического теплового нагрева шпангоута активного стыковочного агрегата многоразовых спускаемых космических аппаратов лучистым тепловым диффузным потоком.

Соискатель принимал непосредственное участие в организации и выполнении исследований по всем разделам диссертации: анализ имеющегося опыта, разработка математических моделей, методик расчёта, выполнение расчётов и анализ результатов, постановка экспериментов, обработка и анализ результатов экспериментов, формулировка выводов и практических рекомендаций, подготовка материалов для публикаций.

Приведённые положения позволяют заключить, что представленная диссертация является законченным научно-квалификационным исследованием, обладающим научной новизной, имеющим важное прикладное и фундаментальное значение в создании изделий ракетно-космической техники, исследовании тепловых режимов летательных

аппаратов. В диссертации представлены новые, обоснованные результаты, что соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 10 июня 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Борщеву Н.О. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, включая 6 докторов наук по специальности 05.07.03 «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель  
диссертационного совета Д 212.125.10  
д.т.н., профессор

 Ю. И. Денискин

Учёный секретарь  
диссертационного совета Д 212.125.10  
к.т.н., доцент

 А. Р. Денискина

10 июня 2021 г.

Начальник отдела УДС МАИ  
Т.А. 

