

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.08

Соискатель: Чебаков Евгений Владимирович

Тема диссертации: Разработка метода определения углового положения космического аппарата на основе анализа внешних тепловых потоков

Специальность: 01.04.14 — «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.

На заседании 30 декабря 2020 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, отвечающую критериям, приведенным в «Положении о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, и принял решение присудить Чебакову Евгению Владимировичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Равикович Ю.А., ученый секретарь диссертационного совета Зуев Ю.В., члены диссертационного совета: Агульник А.Б., Абашев В.М., 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., Силуянова М.В, Тимушев С.Ф., Тазетдинов Р.Г., Хартов С.А., Чванов В.К.

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

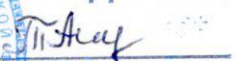


Ю.В. Зуев



Начальник отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина



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 УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 30.12.2020 г. № 24

О присуждении Чебакову Евгению Владимировичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка метода определения углового положения космического аппарата на основе анализа внешних тепловых потоков» по специальности 01.04.14 — «Теплофизика и теоретическая теплотехника» принята к защите 30.10.2020 г. (протокол заседания № 13) диссертационным советом Д 212.125.08, 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 Чебаков Евгений Владимирович, 1993 года рождения, работает инженером-конструктором 2 категории в акционерном обществе «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» и,

по совместительству, младшим научным сотрудником в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2016 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». В 2020 году окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре «Космические системы и ракетостроение» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор Ненарокомов Алексей Владимирович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Космические системы и ракетостроение», профессор.

Официальные оппоненты:

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

Титова Алина Сергеевна, кандидат технических наук, акционерное общество «Научно-исследовательский институт точных приборов», лаборатория тепловых режимов, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация — федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, в своём положительном отзыве, подписанном Резником С.В., доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой СМ-13, Просунцовым П.В., доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры СМ-13 и утверждённом Коробцом Б.Н., первым проректором — проректором по научной работе и стратегическому развитию, указала, что практическая значимость диссертации заключается в создании программного обеспечения для решения граничной обратной задачи и метода сопряжённых направлений при решении радиационно-геометрической обратной задачи на языке C++. Также с участием автора создан прототип установки, реализующей предложенный метод определения углового положения космического аппарата; результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях ракетно-космической промышленности при создании систем ориентации перспективных космических аппаратов, в том числе для малых космических аппаратов, как в качестве основной, так и резервной системы ориентации, а для традиционных космических аппаратов - в качестве резервной системы. Полученные результаты также могут быть рекомендованы к использованию в учебном процессе при подготовке бакалавров, магистров, инженеров и аспирантов направлений подготовки и специальностей, входящих в УГСН 24.00.00 «Авиационная и ракетно-космическая техника»; диссертация Чебакова Е.В. представляет собой законченное исследование, посвящённое

актуальной теме и выполненное на высоком научно-техническом уровне. Диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 — «Теплофизика и теоретическая теплотехника», а её автор — Чебаков Евгений Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 работ общим объёмом 13,1 п.л., из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ. Из 16 научных работ: 9 — статьи в научных журналах, 7 — тезисы докладов конференций; 6 работ написаны автором единолично, 10 — в соавторстве.

Эти работы посвящены анализу геометрической обратной задачи радиационного теплообмена; разработке системы ориентации космического аппарата на основе методологии обратных задач теплообмена; исследованиям нестационарных процессов теплообмена при разработке малых космических аппаратов; разработке наноспутника. Личный вклад автора заключается в: постановке радиационно-геометрической обратной задачи; разработке алгоритма и программного обеспечения для системы ориентации космических аппаратов, основанной на методологии обратных задач теплообмена; анализе устойчивости алгоритма при различных неопределённостях исходных данных; обработке и анализе экспериментальных данных, полученных при проведении термовакuumных испытаний прототипов датчиков радиационных тепловых потоков; участии по подготовке и проведению термовакuumных испытаний прототипов датчиков радиационных тепловых потоков.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значимые работы:

1. Ненарокомов А. В., Чебаков Е. В., Крайнова И. В. и др. Геометрическая обратная задача радиационного теплообмена применительно к разработке резервных систем ориентации космических аппаратов // Инженерно-физический журнал. — 2019. — Т. 92, № 4. — С. 979–987.

2. Чебаков Е. В., Ненарокомов А. В., Крайнова И. В., Ревизников Д. Л. Система ориентации космического аппарата, основанная на методологии обратных задач теплообмена // Тепловые процессы в технике. — 2020. — Т. 12, № 2. — С. 65–77.

1. 3. Nenarokomov A. V., Chebakov E. V., Krainova I. V. et al. A backup system of spacecraft orientation based on heat flux measurement at the structure elements of various orientations // Proceedings of the 16th International Heat Transfer Conference. — 2018. — P. 2617–2624. doi: 10.1615/IHTC16.cip.023443

4. Nenarokomov A. V., Chebakov E. V., Krainova I. V. et al. A backup system of a satellite orientation based on inverse problems technique // Proceedings of the 69th International Astronautical Congress (IAC 2018): Involving Everyone. Bremen, Germany. — 2018. — V. 13. — P. 9310–9319.

5. Nenarokomov A. V., Chebakov E. V., Krainova I. V. et al. A backup orientation system based on inverse problems technique // Computer Assisted Methods in Engineering and Science. — 2019. — V. 26, N. 2. — P. 79–91. doi: 10.24423/comes.250

6. Nenarokomov A. V., Chebakov E. V., Budnik S. A. et al. A backup system of a satellite orientation based on radiative inverse problems approach // Proceedings of the 9th International Symposium on Radiative Transfer. — 2019. — P. 221–228. doi: 10.1615/RAD-19.270

7. Nenarokomov A. V., Chebakov E. V., Budnik S. A. et al. A backup system of a satellite orientation based on radiative inverse problems approach // Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. — 2020. — V. 254. — 14 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2020.107174>

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

Отзыв на диссертацию официального оппонента Семены Н.П., доктора технических наук содержит следующие замечания:

1. Для исследования алгоритма восстановления углов соискателем проведён численный эксперимент, в котором используется квазиэкспериментальные данные, полученные на основании математического моделирования. Однако при этом и для имитации эксперимента, и для алгоритма восстановления используются одни и те же простые математические тепловые модели датчиков. При таком подходе вероятность заведомо успешного результата численного эксперимента чрезвычайно высока. Для достижения независимости «экспериментальной» и математической составляющих целесообразно для этих составляющих применять разные типы математических моделей. Например, для генерации данных, имитирующих измерения при эксперименте, могут быть использованы конечно-элементные модели.

2. Автор применяет достаточно прогрессивную модель для расчёта отражённого от планеты лучистого потока. В отличие от большинства подобных моделей в ней, кроме диффузной учитывается зеркальная составляющая. В качестве критерия перехода от одной составляющей к другой автор выбрал граничное значение угла между направлениями на Солнце и на точку наблюдения из центра планеты равное 60-ти угловых градусов. Качественное рассмотрение процесса отражения показывает, что возможно это заниженная оценка, по крайней мере она требует дополнительного обоснования.

3. Для демонстрации работы предложенных алгоритмов восстановления углового положения космического аппарата соискатель вполне оправдано применяет простейшие математические модели тепловых датчиков ориентации, поскольку любое их усложнение сделает математическую интерпретацию этих алгоритмов трудно воспринимаемой.

Затем автор исследует влияние погрешностей параметров модели на точность определения углов ориентации. Однако такая последовательность является не достаточной для оценки значимости каждой погрешности в реальных условиях возможного применения тепловых датчиков ориентации. По моему мнению, целесообразно добавить ещё одну процедуру, в которой должна быть использована совместная модель системы датчиков с космическим аппаратом, имеющим разные варианты геометрии и термооптических характеристик. Это позволило бы оценить реальные значимости погрешностей, вносимых в определении углового положения различными конфигурациями аппаратов.

4. Не вполне удачно представлена методика, используемая в экспериментальной части работы. Из её описания можно понять, как изменялась ориентация датчиков в вакуумной камере, как измерялась их температура и рассчитывался тепловой поток на их поверхность. Однако не совсем ясно как восстанавливалось их угловое положение, поскольку не приведены данные об источнике излучения, позволяющие определить угловой коэффициент датчика по отношению к источнику, а также не описано как учитывалась погрешность, вносимая тепловым потоком от неохлаждаемых стенок вакуумной камеры.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Титовой А.С., кандидата технических наук содержит следующие замечания:

1. При определённых орбитах полёта для конкретных КА необходимо учитывать отражённые от конструкции тепловые потоки, падающие на внешние поверхности КА, особенно не закрытые ЭВТИ. Кроме того, современные малогабаритные КА часто имеют мощную целевую бортовую аппаратуру с высоким тепловыделением. Из диссертационной работы не до конца ясно, как такие тепловые потоки будут учитываться, в случае невозможности исключения их влияния.

2. Автором сделан вывод о том, что для определения ориентации КА погрешность измерения тепловых потоков не должна превышать 3%. Не до конца понятно, с чем связано такое ограничение и как обеспечить работу системы при больших погрешностях.

3. При моделировании не проводилось последовательное решение обеих обратных задач теплообмена (радиационно-геометрической и граничной).

4. В ходе термовакuumных испытаний, описанных в Главе 4, не проводилась термостабилизация кожуха вакуумной камеры, что влияет на адекватность имитации условий эксплуатации КА. В диссертации не проанализировано влияние температуры криоэкрана на тепловые потоки, падающие на объект испытаний.

Отзыв на диссертацию ведущей организации — федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» содержит следующие замечания:

1. Цель работы заключалась в разработке метода определения углового положения космического аппарата, который основывается на последовательном решении двух обратных задач: граничной обратной задачи теплообмена по определению тепловых потоков, поглощаемых поверхностью аппарата, и радиационно-геометрической обратной задачи по определению углов ориентации КА. Недостаток такой формулировки состоит в том, что в ней не выражен явно ожидаемый положительный эффект от исследования автора (повышение точности, уменьшение массы и размеров средств измерения и т.п.).

2. Параметр A_S на стр. 17 ошибочно назван коэффициентом поглощения в видимом диапазоне. В действительности A_S — поглощаемая способность в спектре Солнца, который значительно шире видимого

диапазона (0.35–0.75 мкм). Основное энергетическое воздействие Солнца происходит в диапазоне 0.18–0.24 мкм и ощущается даже в ИК-области спектра вплоть до 4.2 мкм.

3. Пренебрежение длительностью полёта в сумеречной зоне при анализе тепловых режимов космических конструкций справедливо, главным образом, для низких околоземных орбит. Так, для геостационарной орбиты (высота 35750 км) длительность движения в сумеречной зоне в периоды весеннего и осеннего равноденствия хотя и меньше длительности движения в теневой зоне, достигающей 71 мин, но составляет на каждом участке около 120 с.

4. Не проведён анализ корректности постановки радиационно-геометрической обратной задачи по определению углов ориентации космического аппарата и, соответственно, не дана оценка влияния случайных погрешностей в экспериментальных данных на точность решения обратной задачи.

5. Совершенно обойдён вниманием вопрос о методических погрешностях измерения температуры и их влияния на точность решения радиационно-геометрической обратной задачи.

6. Из текста работы неясно, предъявляются ли автором какие-либо требования к местам размещения датчиков радиационных потоков.

7. Не проведён анализ точности работы предложенного автором метода при полёте космического аппарата на низкой околоземной орбите, когда видимый размер Земли сравним с полем зрения датчика радиационного потока.

8. Выводы к работе не структурированы, что затрудняет их восприятие.

Отзыв на автореферат диссертации Кузнецова В.В., доктора физико-математических наук, заведующего лабораторией федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт теплофизики

им. С. С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук» содержит следующее замечание:

Значения поглощённых тепловых потоков определяются без учёта собственных излучений датчиков, что может повлиять на точность определения углового положения космического аппарата на основе внешних радиационных тепловых потоков.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Лётно-исследовательский институт им. М. М. Громова», составленный начальником отделения НИО-9, доктором технических наук Копыловым И.А., старшим научным сотрудником, кандидатом технических наук Болиным В.П. и утверждённый первым заместителем генерального директора по науке — начальником НИЦ, кандидатом технических наук Деевым К.В., содержит следующие замечания:

1. В Заключение утверждается, что потенциальное время определения ориентации КА с помощью предложенного метода составляет 13 секунд. Однако в автореферате отсутствует обоснование необходимого времени работы метода для нахождения углов ориентации КА.

2. В автореферате не оговорены условия применимости предложенного метода определения ориентации КА, хотя инерционность тепловых процессов накладывает существенное ограничение на угловую скорость КА.

3. В работе вводится параметр j — количество рестартов итерационного процесса для получения глобального минимума функционала J , но не говорится о величине введённого параметра. Возникает вопрос, при выборе случайным образом начальных значений углов ориентации в каждом из j рестартов с какой вероятностью полученное минимальное значение функционала J совпадает с его глобальным минимумом.

4. В автореферате содержатся оформительские ошибки. Например, в формулах (1.1), (1.5) присутствует параметр σ , который в тексте не определяется; на Рис. 3.2 не указаны единицы измерения параметров.

Отзыв на автореферат диссертации Яголы А.Г., доктора физико-математических наук, профессора кафедры математики физического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова» без замечаний.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Научно-производственное объединение имени С. А. Лавочкина», составленный ведущим конструктором, кандидатом технических наук Шабарчиным А.Ф. и утверждённый заместителем генерального директора по научной работе, доктором технических наук, профессором Шевченко С.Н., содержит следующие замечания:

1. Из автореферата не ясно, как скорость вращения КА влияет на точность определения ориентации и до каких скоростей вращения КА после потери ориентации данный метод может быть применён.

2. Заявленная в автореферате погрешность измерения теплового потока (не более 3%) ДРТП предложенной конструкции требует дополнительного анализа, т.к. не учтён теплообмен через теплоизоляцию тыльной поверхности датчика, по жгутам термопар, а также точность системы измерения температуры. Дополнительную погрешность вносит установка термопары на рабочей поверхности датчика.

Отзыв на автореферат диссертации Кудинова В.А., доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой «Теоретические основы теплотехники и гидромеханики» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» без замечаний.

Отзыв на автореферат диссертации Кабанихина С.И., доктора физико-математических наук, члена-корреспондента РАН, главного научного сотрудника лаборатории обратных задач естествознания федерального

государственного бюджетного учреждения науки «Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук» содержит следующее замечание, которое можно рассматривать как пожелание:

Эффективность метода случайных рестартов стоило бы продемонстрировать численными расчётами более подробно.

Отзыв на автореферат диссертации Алексева А.К., доктора физико-математических наук, доцента, главного научного сотрудника отдела аэрогазодинамики и теплообмена публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С. П. Королёва», содержит следующее замечание, которое может быть рассмотрено как пожелание к дальнейшим исследованиям:

При анализе углового положения аппарата чувствительность величин тепловых потоков к направлению может быть повышена с помощью специальных экранов, окружающих датчик и отсекающих потоки, действующие на его поверхность под малыми углами.

Отзыв на автореферат диссертации Кузьма-Кичты Ю.А., доктора технических наук, профессора федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», содержит следующее замечание:

Апробация предложенного метода основана на термовакуумных испытаниях прототипов датчиков. Однако условия указанных испытаний могли отличаться от реальных.

Отзыв на автореферат диссертации Челебяна О.Г., кандидата технических наук, начальника сектора отдела «Горение и камеры сгорания» федерального государственного унитарного предприятия «Центральный

институт авиационного моторостроения имени П. И. Баранова», содержит следующие замечания:

1. В Главе 3 приводится алгоритм учёта неопределённостей радиационно-геометрической ОЗТ. Из автореферата остаётся неясным какие диапазоны погрешностей измерения плотности теплового потока рассматривалось и как они соотносятся с реальными погрешностями используемых датчиков.

2. Из автореферата остаётся неясным почему для прототипа ДРТП-1 используется решение системы с сосредоточенными параметрами, а для прототипа ДРТП-2 — с распределёнными. Можно предположить, что вследствие высокой теплопроводности меди в первом случае пренебрегаем неравномерностью температурного поля на пластине. Также неясно как методически выполняется тарировка исходного датчика ДРТП ХД-7312.

3. Результаты, приведённые на графиках 4.6 и 4.7 в автореферате никак не прокомментированы. Почему на Рис. 4.7 максимум плотности теплового потока смещается в зависимости от датчика.

Отзыв на автореферат диссертации Миронова Р.А., кандидата физико-математических наук, начальника сектора научно-исследовательской лаборатории комплексных исследований свойств конструкционных материалов акционерного общества «Обнинского научно-производственного предприятия «Технология» им. А. Г. Ромашина», содержит следующие замечания:

1. Не ясно, учитывалась ли угловая чувствительность ДРТП, которая должна проявляться в угловой зависимости поглотительной и излучательной способности его поверхности.

2. При решении радиационно-геометрической обратной задачи автор отмечает наличие нескольких минимумов функционала невязки и предлагает использовать метод случайных рестартов. Данный метод состоит в выборе случайным образом определённого числа стартовых точек в пространстве

параметров оптимизации, решении обратной задачи для каждой из этих точек с нахождением локальных минимумов функционала и выборе их этих локальных минимумов того, который даёт наименьшее значение функционала. При этом автор не конкретизирует количество рестартов, которое необходимо для достоверного решения обратной задачи.

3. В автореферате приведена постановка эксперимента по апробации метода, описана схема проведения эксперимента и приведены результаты решения обратной задачи теплообмена, которые сравниваются с показаниями «эталонного» ДРТП. Однако автор не приводит результатов апробации радиационно-геометрической обратной задачи.

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».

Для определения глобального экстремума функционала (1.29) вне выпуклой задачи математического программирования автор применяет для начального приближения метод случайных рестартов. При этом, очевидно, существует вероятность определения одного из локальных экстремумов вместо глобального. Кроме того, возможно наличие «овражных» областей поверхностей отклика (см. рис. 2.1 и рис. 2.2) функционала (1.29), что существенно затрудняет решение задачи математического программирования. Проблема усугубляется зависимостью поверхности отклика от возмущений (отклонений от программы полёта КА, её изменения и т.п.). В автореферате следовало бы отразить пути решения этой проблемы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится

диссертационная работа Чебакова Е.В., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Семены Н.П., доктора технических наук, заведующего лабораторией, в качестве официального оппонента обосновывается его широкой компетентностью в вопросах теплообмена, обширной практикой проведения экспериментальных исследований. Семена Н.П. регулярно публикует статьи по теплообмену, обеспечению тепловых режимов космических аппаратов, методикам расчёта обратных задач теплообмена, изучению тепловых процессов космических аппаратов в рецензируемых научных журналах, в том числе в изданиях, входящих в международные системы цитирования, а также выступает на международных конференциях.

Выбор Титовой А.С., кандидата технических наук, старшего научного сотрудника, обосновывается её большим опытом в области расчётно-экспериментальных моделирований тепловых режимов бортовой аппаратуры космических аппаратов и проведении различных экспериментальных исследований систем обеспечения теплового режима бортовой аппаратуры космических аппаратов в термовакуумных и климатических камерах. Титова А.С. регулярно публикует в рецензируемых научных журналах, в том числе в изданиях, входящих в международные системы цитирования, выступает на российских и международных конференциях. Её работы посвящены проблемам численного моделирования тепловых режимов приборов космических аппаратов и проведению экспериментальных исследований систем обеспечения теплового режима бортовых систем космических аппаратов в испытательных камерах.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» выбрана в соответствии с её высоким уровнем достижений в области тепло- и массообмена, различных обратных и некорректных задач. Университет выполняет ряд научно-

исследовательских работ, имеющих целью повышение эффективности и технического уровня ракетно-космической промышленности. Коллектив кафедры СМ-13 МГТУ им. Н. Э. Баумана имеет большое количество учебных пособий и трудов в рецензируемых научных журналах, в том числе в изданиях, входящих в международные системы цитирования. Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают большим опытом изучения тепло- и массообмена, решения обратных и некорректных задач, разработки стендов для тепловых испытаний и проведения различных тепловых испытаний космических конструкций.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработан** метод определения углового положения космического аппарата на основе анализа внешних тепловых потоков, позволяющий повысить надёжность космических аппаратов;

– **предложен** новый подход к использованию методологии обратных задач теплообмена; получен расчётно-экспериментальный способ определения углового положения космического аппарата, достоверность которого **доказана** численно и экспериментально;

– **сформулированы** критерии и определена область применения системы ориентации космического аппарата.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **применительно** к проблематике диссертации результативно использованы математические модели баллистики космического полёта и теплообмена в космосе, математический комплекс уравнений теплопроводности в твёрдом теле, методология обратных задач теплообмена;

– **получены** численные и экспериментальные результаты, подтверждающие устойчивость решения и эффективность методов обратных задач теплообмена.

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

- **разработано** прикладное программное обеспечение, используемое для экспериментальной апробации метода;
- **создан** прототип установки, реализующей предложенный метод определения углового положения космического аппарата для использования при проведении лётных испытаний.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- предложенный **подход** корректно согласуется с математическими моделями баллистики и теплообмена в космосе и со строгостью используемых математических методов обратных задач теплообмена;
- **метод** определения углового положения космического аппарата по значениям поглощенных радиационных тепловых потоков **базируется** на основе обобщения широко используемой в МАИ методологии обратных задач теплообмена;
- **достоверность** предлагаемого подхода подтверждена результатами вычислительных экспериментов.

Личный вклад соискателя состоит в:

- постановке задачи определения углового положения космического аппарата;
- разработке алгоритма и программного обеспечения для системы ориентации космического аппарата;
- проведении расчётов, представленных в диссертационной работе;
- обработке и анализе экспериментальных данных, полученных при проведении термовакуумных испытаний прототипов датчиков радиационных тепловых потоков. участия в работах по подготовке и проведению

термовакuumных испытаний прототипов датчиков радиационных тепловых потоков.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по разработке метода определения углового положения космического аппарата на основе анализа внешних тепловых потоков, имеющей значение для развития перспективной космической техники. Диссертация соответствует всем критериям, приведенным в «Положении о присуждении ученых степеней».

На заседании 30.12.2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Чебакову Е.В. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 21, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного совета
д. техн. наук, профессор



Равикович Юрий Александрович

Учёный секретарь
диссертационного совета
д. техн. наук, профессор

Зуев Юрий Владимирович

30 декабря 2020 г.