

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.10

Соискатель: Сыздыков Шалкар Оразович

Тема диссертации: Экспериментальное моделирование тепловых нагрузок на поверхность космического аппарата с помощью инфракрасных излучающих систем

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

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 24 октября 2019 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, и принял решение присудить Сыздыкову Шалкару Оразовичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета д.т.н., проф. Ю.И. Денискин; заместитель председателя диссертационного совета, д.т.н., проф. Бойцов Б.В.; ученый секретарь диссертационного совета, к.т.н., доц. А.Р. Денискина; члены диссертационного совета: д.т.н., проф. Абашев В.М.; д.т.н., доц. Долгов О.С.; д.т.н., проф. Дудченко А.А.; д.т.н., проф. Ендогур А.И.; 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. Панкина Г.В.; д.т.н., проф. Парамонов Н.В.; д.ф-м.н., проф. Рабинский Л.Н.; д.т.н., доц. Рахманов М.Л.; д.т.н., проф. Туркин И.К.; д.т.н., проф. Фирсанов В.В.; д.т.н., проф. Шайдаков В.И.

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



А.Р. Денискина

И.о. начальника отдела УДС МАИ
Т.А. Аникин



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 24 октября 2019 г. № 27

О присуждении Сыздыкову Шалкару Оразовичу, гражданину Республики Казахстан, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Экспериментальное моделирование тепловых нагрузок на поверхность космического аппарата с помощью инфракрасных излучающих систем» по специальности 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов принята к защите 4 июля 2019 г., протокол заседания № 12, диссертационным советом Д 212.125.10, 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, А-80, ГСП-3, приказ о создании диссертационного совета Д212.125.10 – № 714/нк от «02» ноября 2012 г.

Соискатель Сыздыков Шалкар Оразович, 1991 года рождения.

В 2015 году соискатель окончил филиал «Восход» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московского авиационного института (национальный исследовательский институт) по специальности «Испытание летательных аппаратов».

С 2015 по 2019 гг. соискатель обучался в очной аспирантуре МАИ по специальности 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

В период подготовки диссертации не работал.

Диссертация выполнена на кафедре «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – доктор технических наук, с.н.с. **Колесников Анатолий Васильевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем», профессор.

Официальные оппоненты:

Резник Сергей Васильевич – доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кафедра «Ракетно-космические композитные конструкции», заведующий кафедрой;

Финченко Валерий Семенович – доктор технических наук, акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина», ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация – акционерное общество «Научно-производственная Корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна», (АО «Корпорация «ВНИИЭМ») г. Москва, в своем **положительном отзыве**, подписанном Р.Н. Барбулом, заместителем генерального директора по качеству и надежности; Е.В. Юркевичем, доктором технических наук, профессором, научным сотрудником Испытательного Центра; и утвержденном В.Я. Гечей, доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора по научной работе АО

«Корпорация ВНИИЭМ», указала, что проведенные исследования можно характеризовать как научно обоснованные методические разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач в сфере экспериментальной отработки КА в условиях моделирования внешнего теплообмена. Результаты работы можно рекомендовать к использованию в научных и производственных коллективах, занимающихся проведением наземной экспериментальной отработки КА.

Диссертация Сыздыкова Ш.О. посвящена решению актуальной задачи – разработке научно-методического обеспечения проведения тепловакуумных испытаний космических аппаратов или их фрагментов в термобарокамерах, оснащенных термоэкранами и системой галогенных ламп накаливания. При создании КА большое значение имеют экспериментальные исследования, для проведения которых осуществляется физическое моделирование процессов внешнего теплообмена. Моделирование этого теплообмена в наземных экспериментальных установках часто связано с большими трудностями, обусловленными необходимостью воспроизведения в эксперименте изменения ориентации КА относительно источников внешних тепловых воздействий.

В диссертации разработано научно-методическое обеспечение решения задачи определения оптимальных температурных режимов термоэкранов при испытаниях КА в термобарокамерах, не оснащенных специальными имитаторами внешних тепловых нагрузок. Разработана методика моделирования внешних тепловых нагрузок на космический аппарат в термобарокамерах, оснащённых термоэкранами и системой галогенных ламп накаливания. Усовершенствована методика оценки влияния погрешностей моделирования внешних тепловых нагрузок на тепловое состояние характерных элементов КА, в частности, на реальную экранно-вакуумную теплоизоляцию.

Разработанное научно-методическое обеспечение позволяет выявлять энергетические режимы совместной работы термоэкранов и системы трубчатых ламп накаливания, обеспечивающие максимально возможную для данной имитационной системы точность моделирования внешних тепловых нагрузок;

расширяет возможности оценки достоверности результатов экспериментальных исследований космической техники в условиях моделирования их внешнего теплообмена в тепловакуумных установках.

Достоверность научных положений и выводов не вызывает сомнений.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ:

1. Сыздыков Ш.О. Оптимизация температурных режимов экранов при моделировании тепловых нагрузок в термобарокамере / Колесников А.В., Палешкин А.В., Сыздыков Ш. О. // Тепловые процессы в технике. 2016. Т. №9. с.401 – 407.

2. Сыздыков Ш.О. Влияние погрешностей моделирования внешних тепловых потоков на теплоперенос через экранно-вакуумную теплоизоляцию / Колесников А.В., Палешкин А.В., Сыздыков Ш.О. //Тепловые процессы в технике. 2017. Т. №1. с.34 – 39.

3. Сыздыков Ш.О. Методика расчета облученности элементов испытываемых объектов в ламповых имитаторах внешних тепловых нагрузок / Колесников А.В., Палешкин А.В., Сыздыков Ш.О. // Тепловые процессы в технике. 2017. Т. 9. №6. с.267 – 275.

4. Сыздыков Ш.О. Перспективы применения галогенных ламп накаливания для моделирования условий внешнего теплообмена космических аппаратов / Колесников А.В., Палешкин А.В., Сыздыков Ш.О. //Тепловые процессы в технике. 2018. Т. 10. №3-4. с.158 – 165.

5. Сыздыков Ш.О. Методика моделирования внешних тепловых нагрузок на космический аппарат в термобарокамерах с термозэкранами и системой галогенных ламп накаливания / Колесников А.В., Палешкин А.В., Сыздыков Ш. О. // Инженерно-физический журнал. 2019. Т. 92. №4.

6. Сыздыков Ш.О. Исследование возможности обеспечения эксплуатации термозэкранов в термобарокамере с помощью агрегата термостатирования газообразного азота / Сыздыков Ш.О. // Гагаринские чтения – 2016: XLII

Международная молодёжная научная конференция: Сборник тезисов докладов: В 4 т. М.: МАИ, 2016. – Том 2. - С. 100-101.

7. Сыздыков Ш.О. Использование галогенных ламп для моделирования тепловых нагрузок на поверхность космического аппарата / Палешкин А.В., Сыздыков Ш.О. // Гагаринские чтения – 2017: XLIII Международная молодёжная научная конференция: Сборник тезисов докладов: М.: МАИ, 2017. – С. 202-203.

8. Сыздыков Ш.О. Использование термозкранов и галогенных ламп для моделирования тепловых нагрузок на поверхность космического аппарата / Палешкин А.В., Сыздыков Ш.О. // Гагаринские чтения – 2018: XLIV Международная молодёжная научная конференция: Сборник тезисов докладов: В 4 т. М.: МАИ, 2018. – Том 3. – С. 145-146.

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 практическая значимость и рекомендации по использованию результатов. **Все отзывы положительные:**

Отзыв на диссертацию ведущей организации – акционерного общества «Научно-производственная Корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна», (АО «Корпорация «ВНИИЭМ»), подписанный Р.Н. Барбулом – заместителем генерального директора по качеству и надежности; Е.В. Юркевичем – доктором технических наук, профессором, научным сотрудником Испытательного Центра; и утвержденный В.Я. Гечей – доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора по научной работе АО «Корпорация ВНИИЭМ». **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1) При разработке методики оценки влияния погрешностей моделирования внешних тепловых нагрузок на теплоперенос через реальную экранно-вакуумную теплоизоляцию (ЭВТИ) автором вводилось упрощающее допущение об отсутствии газообразной теплопередающей среды между экранами. Это очень сильное допущение, поскольку в подавляющем большинстве термовакуумных

установок давление газа во время проведения тепловых экспериментов в лучшем случае удастся снизить до уровня 10^{-4} Па. При таком давлении газовой среды теплоперенос в пакете ЭВТИ по газу, зависящий от температуры в степени $1/2$, может существенно влиять на результаты проводимых оценок;

2) Поскольку в 1 главе диссертации анализируются различные известные методы оптимизации режимов работы инфракрасных имитаторов модульного типа, хотелось бы видеть в рамках этого исследования то, что не сделано в этих работах. А именно, ответ на вопрос – влияет ли выбор нулевого приближения вектора управления ($J(0)$) на величину оптимального значения этого вектора.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Резника Сергея Васильевича – доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Ракетно-космические композитные конструкции» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. При выборе методических подходов к экспериментальному моделированию процессов радиационного теплообмена не приведены требования к точности воспроизведения тепловых режимов КА при наземных тепловакуумных испытаниях.

2. Для исследования корректности нового алгоритма расчета облученности тепловоспринимающих элементов испытываемого объекта цилиндрическими излучателями имитатора в п. 2.3.5 целесообразнее было бы сопоставить результаты расчетов угловых коэффициентов по новой и известной методике для идентичных условий взаимного расположения излучателя и тепловоспринимающего элемента.

3. При оценке влияния погрешностей моделирования внешних тепловых нагрузок на теплоперенос через реальную экранно-вакуумную теплоизоляцию (ЭВТИ) предполагалось отсутствие газообразной среды между экранами. Однако в большинстве термовакуумных установок давление газа во время испытаний не

удается снизить менее 10^{-4} Па и нужны дополнительные оценки с учетом теплопереноса в остаточном газе.

4. Имеются недостатки в оформлении, неточности и неисправленные опечатки в тексте, в частности: во введении и далее автор использует сокращения КА, ИО без предварительной их расшифровки. В то же время не ясно почему не введено сокращение ГЛН для многократно употребляемого сочетания «галогенные лампы накаливания»?; на стр. 5 слово «излучения» следует заменить на «излучение»; на стр.17 слово стеклографитовые следует писать слитно; на стр. 27 в слове «электронагревателей пропущена буква «к»; на стр. 12 имеется фраза о экономических факторах, влияющих на выбор научно-технических решений, которые автор диссертации не занимался.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Финченко Валерия Семеновича – доктора технических наук, ведущего научного сотрудника акционерного общества «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина». **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. Диссертация написана трудно понимаемым стилем изложения, порой с нарушением его последовательности и логичности.

2. Выводы, сформулированные автором, не в полной мере отражают основные, более важные по теоретической и практической значимости, вытекающей при более глубоком изучении результатов его исследований.

3. Предложенные методики, методы и алгоритмы верифицированы на простейших элементах КА и его конструкции в целом, что несколько снижает их доверительность.

4. В тексте научной работы встречаются дословно повторяемые абзацы. Оформление (рисунки, формулы, постраничная разреженность текста и др.) отклоняется от принятых стандартов научных публикаций.

Отзыв на автореферат диссертации ФГУП «ЦЭНКИ» – филиала Научно-исследовательского института стартовых комплексов имени В.П. Бармина», подписанный М.В. Веселовым – кандидатом технических наук, зам. начальника расчетно-теоретического отдела, и утвержденный Главным

конструктором Н.А. Абросимовым. **Отзыв положительный.** Имеется замечание: отсутствие практических примеров применения разработанного методического материала на испытаниях реальных объектов с участием автора.

Отзыв на автореферат диссертации Ракетно-Космической Корпорации Энергия имени С.П. Королева, подписанный ведущим научным сотрудником отделения систем терморегулирования ПАО «РКК «Энергия», кандидатом технических наук Ю.М. Прохоровым и утвержденный ученым секретарем диссертационного совета ПАО «РКК «Энергия», кандидатом физико-математических наук О.Н. Хатунцевой. **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. Ошибочным является заявление (стр. 4), что «в крупных тепловакуумных установках... моделирование внешних тепловых нагрузок осуществляется в основном ИК-имитаторами». На самом деле и в России, и за рубежом установки объемом более 600 м³ практически всегда оснащены имитатором солнечного излучения, может быть, за исключением ТБК, поставленной из Бельгии в Казахстан. Установки меньшего объема (100...400 м³) используются, как правило, в целях проведения «технологической проработки», для которой имитатор Солнца не требуется, а при необходимости проведения в них термобалансных испытаний космических объектов используется упрощенная методика, адаптированная под конкретную тепловакуумную установку;

2. Ошибочным является утверждение автора о том, что «основное преимущество ИК-имитаторов перед другими (вероятно и перед имитатором солнечного излучения) является то, что «основная энергия излучения сосредоточена... в полосе спектра, превышающим 2...3 мкм» (стр.1). Как раз этот фактор является чрезвычайно вредным при проведении термобалансных испытаний космических объектов с селективно поглощающими покрытиями внешних поверхностей. Например, при использовании на радиационном теплообменнике покрытия типа «зебра» с нормированной шириной полос и чередованием покрытий с малым (менее 0,2) и большим (более 0,8) коэффициентом поглощения солнечной радиации;

3. Недостаточно корректным является утверждение, что режим работы ИК-имитаторов на базе галогенных ламп накаливания или термоэкранов выбирается «или с помощью приближенных интегральных оценок или эмпирически». В существующей практике тепловакуумной отработки в основе выбора режимов работы таких имитаторов является комплексный тепловой расчет внешних падающих потоков, пересчитанный с учетом замены влияния Солнечного излучения на излучение ламп конкретного имитатора с обязательной оценкой погрешности замены плавного изменения падающих потоков ступенчатым, который может реализовать оборудование системы управления конкретного стенда для тепловакуумной отработки;

4. Отсутствует логическая связь между предлагаемым методом проведения испытаний и задачей выявления связи между погрешностями моделирования внешних потоков и погрешностью в величине результирующего потока через пакет ЭВТИ (стр.5);

5. В автореферате отсутствует упоминание об учете погрешности, вносимой неравномерностью падающего ИК-излучения при использовании схемы «Беличье колесо» для размещения галогенных ламп.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (АО «НПО Лавочкина»), подписанный ведущим конструктором, кандидатом технических наук А.Ф. Шабарчиным, заверенный Начальником отдела персонала Е.И. Лабуш, и утвержденный Заместителем генерального директора по научной работе, доктором технических наук, профессором С.Н. Шевченко. **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. В разработанной методике принято, что излучение лампового модуля исходит с поверхности колбы и носит диффузный характер. Это справедливо только в случае низких мощностей, подводимых к лампам, что ограничивает применения методики.

2. В автореферате не представлены результаты анализа влияния степени дискретности в размещении галогенных ламп накаливания на однородность

моделируемого поля излучения. Не даны рекомендации по оптимальному количеству ламп и их размещению относительно объекта испытаний, хотя разработанная методология позволяет это сделать.

Отзыв на автореферат диссертации Госкорпорации «Роскосмос» Федерального казенного предприятия «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности» (ФКП «НИЦ РКП»), подписанный главным научным сотрудником-советником генерального директора, доктором технических наук, профессором А.Г. Галеевым, начальником КТВИ ИС-618 В.Ф. Митрофановым, ведущим специалистом НИО-510 М.В. Соловьевым, и утвержденный заместителем генерального директора по научной работе, кандидатом технических наук, доцентом Н.А. Юрьевым. **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. На стр. 4 автореферата в обзорной части раздела не показана глубина проработки разрабатываемых автором задач исследования по методикам моделирования тепловых нагрузок в ранее выполненных публикациях.

2. В общей части автореферата не сформулирован «предмет исследования».

3. Не рассмотрено моделирование при подготовке ТВИ в камере CLIMATS типовых для ВНИИЭМ форм КА, имеющих плоские наружные поверхности – параллелепипед с консольным креплением к торцевому экрану, что могло бы продемонстрировать практическую пользу разработанной методики.

4. Не продемонстрирована принципиальная возможность получения удовлетворительных результатов при моделировании объектов, имеющих элементы наружных поверхностей вогнутой формы, в том числе с терморегулирующими покрытиями с зеркальными свойствами, что актуально для КА современных конструкций с негерметичными корпусами.

5. Важным аспектом при определении оптимальных электрических мощностей излучателей, построенных на галогенных лампах, является наличие в составе излучателей зеркальных отражателей с вогнутыми цилиндрическими и параболическими поверхностями. В результате комбинированного воздействия,

это может приводить к появлению на поверхности объекта локальных зон с экстремально высокими, нерасчетными и недопустимыми значениями падающего потока, небезопасного для покрытия штатного КА или элементов его конструкции. В связи с этим, отсутствие в постановке задачи и в алгоритме оптимизации учета ограничений на локальные «перегревы» поверхности объекта, является недостатком, который можно порекомендовать для устранения при дальнейшем развитии представленной методики.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Организация «Агат» Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос», подписанный председателем НТС, доктором экономических наук, И.К. Епифановым, и утвержденный Первым заместителем генерального директора АО «Организация «Агат» Б.А. Питаленко. **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. В автореферате диссертации не приводится обоснование правомерности принятого допущения о том, что при использовании галогенных ламп накаливания в имитаторах тепловых нагрузок на поверхность КА спектр их излучения кардинальным образом отличается от спектра излучения в случае, когда они применяются для теплового нагружения элементов конструкции или образцов материалов при проведении теплопрочностных испытаний.

2. В автореферате не представлены результаты анализа влияния степени дискретности в размещении галогенных ламп накаливания на однородность моделируемого поля излучения.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (АО «ЦНИИмаш»), подписанный старшим научным сотрудником отдела тепловых режимов космических аппаратов и воздействия факторов космического пространства, кандидатом технических наук Д.К. Винокуровым, и заверенный главным ученым секретарем АО «ЦНИИмаш», доктором технических наук, профессором Ю.Н. Смагиным. **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. Из автореферата не понятно, как формируются исходные данные по

падающим на элементы ОИ инфракрасным потокам и как осуществляется выбор весовых коэффициентов в особенности при наличии поверхностей, радиационные свойства которых существенно различаются между собой, в особенности это касается отношения коэффициента поглощения солнечного излучения к степени черноты.

2. Для тепловоспринимающих элементов используется локальный угловой коэффициент, что подразумевает малые размеры элемента. Однако в автореферате не приводятся рекомендации и требования к выбору размеров тепловоспринимающих элементов. Кроме того, в автореферате не приводится оценка погрешности, связанной с тем, что при определении падающих на элементы ОИ лучистых потоков не учитываются их возможные переотражения.

3. В тексте присутствуют ошибки. Например, единицы измерения $Вт$ надо писать с заглавной буквы (стр. 16).

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Научно-производственное объединение «Молния» (АО НПО «Молния»), подписанный начальником проектно-теоретического отделения, доктором технических наук В.П. Тимошенко, и утвержденный генеральным директором АО НПО «Молния» О.М. Соколовым. **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. Из графиков на рис. 3 следует, что для рассматриваемой геометрической модели имитатора в рабочей зоне установки имеет место значительная неоднородность формируемого поля излучения. Из автореферата не следует, анализировалась ли в диссертации зависимость степени неоднородности поля излучения от числа ламп, а также числа термоэкранов.

2. Из реферата не следует, почему в диссертации столь большое внимание уделяется исследованию вопроса о реакции величины результирующего теплового потока через экранно-вакуумную теплоизоляцию на возмущение внешнего теплового потока.

Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт космических исследований Российской академии наук» (ИКИ РАН), подписанный заведующим

лабораторией астрофизических рентгеновских детекторов и телескопов, кандидатом технических наук Н.П. Семеной, и удостоверенный ученым секретарем ИКИ РАН А.М. Садовским. **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. Основным исполнительным элементом, для которого в диссертации разрабатываются модели и методики, являются так называемые «термоэкраны». Хотя из общетехнических соображений примерно ясно, что это такое, и даже некоторые их особенности можно понять из текста автореферата, но строгий подход к моделированию, требует четкого определения понятия «термоэкранов» и формулировки ограничений их параметров по температурам, дискретности, степени охвата объекта испытания, термооптическим характеристикам и т.д. Без этой формализации трудно оценить применимость к термоэкранам представленных математических моделей.

2. Из формул (1-2) непонятно как в системе теплообмена «термоэкраны - поверхность объекта» учитываются составляющие переотраженного термоэкранами излучения от объекта обратно на объект и от других фрагментов термоэкранов на объект.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Машиностроительное конструкторское бюро «Искра» имени Ивана Ивановича Картукова» (АО «МКБ «Искра»), подписанный заместителем главного конструктора по НИР, кандидатом технических наук, доцентом А.Ю. Норенко, начальником отдела научно исследовательских и экспериментальных работ А.Н. Логиновым, начальником отдела инновационного развития, кандидатом технических наук М.А. Тихомировым, специалистом по науке А.Ю. Беляковым и утвержденный генеральным директором АО «МКБ «Искра», доктором технических наук, профессором, членом-корреспондентом РАН В.А. Сорокиным. **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. Одной из задач, решаемой в диссертационной работе является разработка методики расчета облученности элементов испытываемых объектов в инфракрасных имитаторах внешних тепловых нагрузок с трубчатыми

источниками излучения. Однако в автореферате эта методика совсем не освещается, несмотря на ее важность. Есть только ссылка на вторую главу диссертации.

2. В разделе автореферата «Актуальность темы исследования» не приводится обоснование утверждения о том, что используемые в инфракрасных имитаторах источники излучения испускают излучение в основном в средней и дальней области спектра. С этим утверждением можно бесспорно согласиться только в том случае, если радиационная температура источников излучения невелика, например, не превышает 1000 К.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются известными специалистами в области теплового проектирования космических аппаратов, в том числе и в вопросах математического и физического моделирования его внешнего и внутреннего теплообмена, а ведущая организация является передовым государственным предприятием в России, занимающимся созданием космической техники.

Резник Сергей Васильевич имеет ученую степень доктора технических наук по специальности 05.07.01 – Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов. За предыдущие 5 лет имеет 13 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.

Финченко Валерий Семенович имеет ученую степень доктора технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов. За предыдущие 5 лет имеет 9 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 РФ о

порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24 сентября 2013 г. и Положению о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденному приказом Министерства образования и науки РФ № 1093 от 10 ноября 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.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований:

– **разработано** научно-методическое обеспечение решения задачи определения температурных режимов термоэкранов, при реализации которых достигается удовлетворительная точность моделирования внешних тепловых нагрузок в термобарокамерах, не оснащенных специальными имитаторами внешних тепловых нагрузок;

– **разработана** новая методика расчета тепловых нагрузок на поверхность космического аппарата в тепловакуумных установках с имитаторами внешних тепловых нагрузок на основе трубчатых лампам накаливания, отличающаяся от известных методик простотой ввода исходной информации о геометрической модели испытуемого объекта и лампового имитатора при многократном (в несколько десятков раз) сокращении времени реализации алгоритма решения задачи;

– **разработана** методика совместного использования термоэкранов и галогенных ламп накаливания в термобарокамерах, позволяющая обеспечивать высокую точность моделирования внешних тепловых нагрузок на космические аппараты с невогнутой формой наружной поверхности;

– **усовершенствована** методика оценки влияния погрешностей моделирования внешних тепловых нагрузок на тепловое состояние характерных элементов космических аппаратов, в первую очередь на реальную экранно-вакуумную теплоизоляцию и радиационные теплообменники, что позволяет повысить точность оценки достоверности результатов экспериментальных

исследований космической техники при моделировании их внешнего теплообмена в тепловакуумных установках, оснащённых как криогенными экранами, так и термочехлами. При этом для экранно-вакуумной теплоизоляции точность оценок влияния погрешности моделирования внешнего теплового потока на теплоперенос через изоляцию повышается многократно.

Новые понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Доказана эффективность разработанной методики расчета облученности тепловоспринимающих элементов испытываемого объекта с трубчатыми излучателями, основанная на замене цилиндрического элемента излучателя плоским с ориентацией, изменяющейся в зависимости от относительного расположения излучающего и тепловоспринимающего элементов, которая может использоваться при решении и других задач лучистого теплообмена. Например, при расчете тепловых нагрузок на поверхность испытываемого объекта в условиях облучения его элементами сетчатых нагревателей.

Изложенная в диссертации модель теплопереноса через элемент экранно-вакуумной теплоизоляции по двум параллельным каналам – лучистому и кондуктивному, может быть использована для оценки влияния теплопереноса по остаточному между экранами газу на величину результирующего теплового потока через пакет теплоизоляции.

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

Результаты решенных в работе задач используются в АО «Корпорация ВНИИЭМ» при разработке методик и рабочих программ тепловакуумной отработки КА и их фрагментов в термовакuumной установке CLIMATS.

Разработанная методика оценки влияния погрешностей моделирования основных факторов космической среды на тепловой режим характерных элементов КА даёт возможность определить достоверность результатов исследования теплового состояния испытываемых объектов в установке CLIMATS.

Полученные результаты вычислительных экспериментов по определению погрешности моделирования заданных тепловых нагрузок на поверхность КА позволяют определить направления возможного совершенствования лампового имитатора внешних тепловых потоков за счет увеличения числа ламповых модулей на цилиндрическом его каркасе.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– проведенные вычислительные эксперименты с использованием разработанных программ и сравнение полученных результатов с результатами работ других авторов подтверждает достоверность результатов работы.

– разработанное научно-методическое обеспечение решения задачи оптимизации температурных режимов термоэкранов используется во ВНИИЭМ при подготовке тепловакуумных испытаний КА в термовакуумной камере CLIMATS.

– основные положения и результаты работы **опубликованы** в рецензируемых научных журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, а также **доложены** на конференциях и научно-техническом совете.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в выполнении исследований по всем разделам диссертации; в разработке методических подходов к определению оптимальных режимов работы имитационной системы, включающей в себя термоэкраны и систему трубчатых ламп накаливания; в разработке алгоритмов реализации принятых методических подходов решения задачи выбора режима работы имитационной системы термовакуумной установки; в составлении и отработке компьютерных программ; в анализе результатов расчета; в подготовке материалов для публикаций по теме диссертации.

Приведенные положения позволяют заключить, что представленная диссертация является законченным научно-квалификационным исследованием, обладающим научной новизной, имеющим важное прикладное и фундаментальное значение в создании изделий космической техники. В

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

На заседании 24 октября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Сыздыкову Ш.О. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов технических 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 – 1; недействительных бюллетеней – 0.

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

Ю.И. Денискин

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

А.Р. Денискина

И.о.начальника отдела УДС МАИ
Т.А. Анюкина

