

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Борщева Никиты Олеговича  
«Методы исследования тепловой модели многоцветного элемента  
конструкции спускаемого космического аппарата с учетом свойства  
анизотропии», представленной на соискание степени кандидата технических  
наук по специальности: 05.07.03- Прочность и тепловые режимы летательных  
аппаратов»

При создании новых образцов ракетно-космической техники, функционирование которых сопровождается интенсивными процессами тепло-массопереноса, особое внимание уделяется исследованию их теплофизическим характеристикам, тепловому проектированию и экспериментальной отработке тепловых режимов. Повышенное внимание к указанным исследованиям связано прежде всего с ужесточением условий теплового нагружения конструкции во время эксплуатации, уменьшением температурных допусков на целевую аппаратуру, повышенными требованиями к надежности, прочности, экономии топливно-энергетических ресурсов.

В данной работе рассмотрена актуальная задача определения коэффициентов теплопереноса в твердых анизотропных материалах в обеспечении уточнения тепловых физико-математических моделей твердых тел со схожей физико-химической структурой. В рамках поставленной задачи был разработан алгоритм для решения задачи параметрического определения компонентов вектора теплопроводности элемента шпангоута активного стыковочного агрегата (АСА), позволяющий определить ориентацию вектора теплопроводности в обеспечении уточненного теплового состояния конструкции традиционными методами параметризации искомых теплофизических параметров и их последующим итерационным уточнением градиентными методами первого порядка точности.

Служба документационного  
обеспечения МАИ

02 06 2021 г.

Также в рамках данной работы были определены проектные параметры стенда по воспроизведению условий спуска объекта испытаний, что является практической инженерной задачей, а именно подводимые тепловые мощности к ИК-имитаторам и их пространственное расположение. На основе данных параметров была осуществлена наземная тепловая отработка изделия, по результатам которой можно делать выводы о тепловом состоянии конструкции при спуске и дать рекомендации о дальнейшем ее эксплуатации.

Научная новизна работы определяется тем, что:

1. Разработана обобщенная математическая модель шпангоута стыковочного агрегата, позволяющая провести идентификацию компонентов симметричного тензора теплопроводности.

2. Разработан алгоритм для решения задачи параметрического определения компонентов вектора теплопроводности элемента шпангоута АСА, позволяющий определить ориентацию вектора теплопроводности в обеспечении уточненного теплового состояния конструкции.

3. Получены проектные параметры имитаторов стенда (задаваемые на них тепловые потоки, их геометрические характеристики и расположение в пространстве) для воспроизведения условий эксплуатации АСА на основе решения обратной задачи радиационного теплопереноса стохастическим методом моделирования Монте-Карло.

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

### **Практическая значимость:**

1. Разработана методика по определению компонент симметричного тензора теплопроводности элемента шпангоута АСА.

2. Разработано прикладное программное обеспечение по определению ориентации главных осей тензора теплопроводности для материалов с явно выраженной анизотропией.

3. Осуществлен выбор тепловой мощности имитаторов и их пространственного расположения для экспериментального стенда по моделированию внешнего теплосилового нагружения шпангоута АСА.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается строгой постановкой задачи исследования с принятыми допущениями, четкой формулировкой применяемых формализованных описаний, результатами программной реализации и хорошей сходимостью результатов теоретического исследования симметричного тензора теплопроводности шпангоута АСА с их реальными значениями.

В качестве замечаний можно отметить:

1. В автореферате нет разделения описания 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 приведен 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.

Однако указанные замечания ни в коей мере не снижают научного и практического значения диссертационной работы.


Диссертация Борщева Н.О., судя по автореферату, выполнена на высоком научно-техническом уровне, является целостной и законченной квалификационной работой, удовлетворяющей всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина». Почтовый адрес: 141160, Московская область, Звездный городок, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Телефон: +7 (915) 254-89-45. Email: [vladimirsaev@gmail.com](mailto:vladimirsaev@gmail.com)

Ведущий научный сотрудник 21 отдела  
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»,  
доктор технических наук, доцент  
20.05.2021 г.

  
Саев  
Владимир  
Николаевич

Подпись д.т.н. Саева В.Н. подтверждаю  
Секретарь научно-технического совета ФГБУ  
«НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»  
20.05.2021 г.

  
А.В.Кальмин

