



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ  
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ МАШИНОСТРОЕНИЯ»**

(АО «ВПК «НПО машиностроения»)  
ул. Гагарина, д. 33, г. Реутов, Московская область, 143966  
телеграфный: Реутов Московской ВЕСНА (АТ346416)  
Тел.: (495) 528-30-18 (канцелярия) Факс: (495) 302-20-01  
E-mail: vpk@vpk.npomash.ru http://www.npomash.ru  
ОКПО 07501739, ОГРН 1075012001492  
ИНН/КПП 5012039795/504101001

04.06.2021 № 95/130  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель Генерального директора

  
П.А. Широков

2021 г.



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Борщева Никиты Олеговича  
**«Методы исследования тепловой модели многоразового 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»

Тепловое проектирование современного космического аппарата является сложной, трудоемкой и важной задачей. В автореферате рассмотрена задача, связанная с тепловым проектированием шпангоута стыковочного узла нового многоразового транспортного корабля «Орел». При использовании многоразового транспортного корабля предусмотрена многократная стыковка аппарата с международной космической станцией (МКС).

При выводе аппарата на орбиту и его спуске шпангоут стыковочного узла подвергается сильному аэродинамическому тепловому нагружению и при этом шпангоут должен сохранять свои теплопрочностные характеристики для возможности многократного использования.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

07.06 2021 г.

Исследование теплового состояния этого критически важного элемента конструкции и разработка методов оценки для уточнения его теплопрочностных параметров является важной **актуальной задачей**.

В рамках поставленной задачи в работе был спроектирован специальный стенд для задания граничных условий на объект испытаний, аналогичных летным. Кроме того, в работе определен вектор теплопроводности испытуемого объекта для уточнения тепловой модели шпангоута.

**Новизна** данной работы определяется предложенным комплексным подходом по определению компонентов вектора теплопроводности при решении задачи сложного лучисто-конвективного теплообмена в цилиндрических координатах в двумерной постановке при анизотропном прогреве шпангоута.

Заслуживает внимания разработанная модификация численного метода «прямой» задачи теплопереноса, которая позволяет определять компоненты тензора теплопроводности с помощью метода сопряженных направлений.

Важным моментом в представленной работе является разработанный стенд для проведения теплостатических испытаний, воспроизводящий тепловые нагрузки на конструкцию при ее двухнырковом спуске в плотных слоях атмосферы Земли и ее осесимметричном тепловом нагружении.

Цель данного теплофизического эксперимента - определение экспериментального температурного поля и критических термомодеформаций для анализа последующей штатной стыковки объекта исследования. При решении обратной радиационной задачи по воспроизведению летных условий автором были определены проектные параметры теплосилового стенда, включая пространственное и подводимые тепловые мощности.

На разработанном стенде с участием автора работы были проведены наземные тепловые испытания изделия для подтверждения возможности многократной стыковки его с элементом МКС. Полученные результаты помогут оценить тепловое состояние конструкции при спуске в атмосфере и будут служить исходными данными для решения «прямой» задачи теплообмена, на основе которой производится идентификация исследуемых теплофизических величин.

Данная методика может быть использована для оценки теплофизических параметров твердых композиционных материалов, не подверженных термическому разложению, которые применяются на разгонных блоках и ракетах для термостатирования.

#### **Недостатки в работе:**

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.

#### **Вывод:**

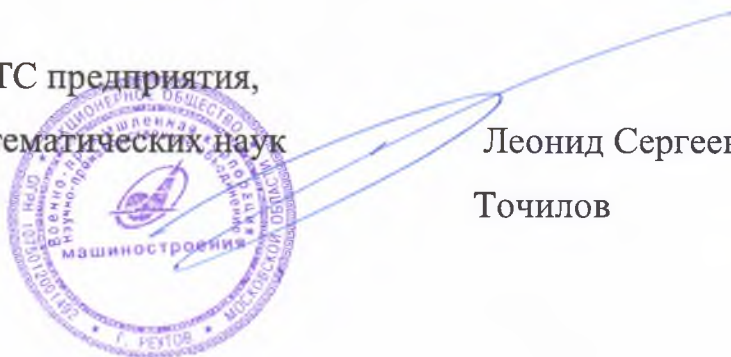
В целом, судя по автореферату, диссертационная работа Борщева Н.О. выполнена на высоком научно-техническом уровне, соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК, а Борщев Никита Олегович заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 - «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Начальник отдела, к.т.н.  
тел. (495) 528-16-27



Антон Александрович  
Шестаков

Учёный секретарь НТС предприятия,  
кандидат физико-математических наук  
тел. (495) 300-93-14



Леонид Сергеевич  
Точилов

Адрес: АО «ВПК «НПО машиностроения»  
Россия, 143966, Московская область, г. Реутов, ул. Гагарина, д.33  
тел. (495) 300-93-14  
e-mail: [tochilov@vpk.npomach.ru](mailto:tochilov@vpk.npomach.ru)