

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор на науке и цифровому развитию
федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский
государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный
исследовательский университет)»,
д.э.н., профессор



_____ П.А. Дрогвоз

« 27 » ноября 2023 г.

ОТЗЫВ ведущей организации

на диссертацию Прониной Полины Федоровны «Расчетно-экспериментальные методы исследования экранно-вакуумной теплоизоляции», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Диссертационная работа Прониной П.Ф. посвящена исследованию динамического поведения многослойных покрытий для оценки распределения температурных потоков в экранно-вакуумной теплоизоляции (ЭВТИ), а также исследованию влияния ионизирующего излучения на физико-механические характеристики теплоизоляции. В частности, проведено экспериментально исследование элемента ЭВТИ на универсальной разрывной машине и ускорителе. Проблематика исследования относится к важному направлению, связанной с разработкой новой математической модели, описывающей динамическое поведение элементов экранно-вакуумной теплоизоляции под действием температурного поля. Данная работа, несомненно, является актуальной.

Научная новизна работы определяется полученными результатами:

- проведено уточняющее математическое моделирование элементов экранно-вакуумной теплоизоляции в нестационарной постановке;
- впервые исследовано влияние излучения на деградацию свойств теплоизоляции;
- проведено численное моделирование с учетом деградации свойств и определения оптимальных толщин покрытий в ЭВТИ.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

4. 12 2023

Практическая значимость работы определяется использованием полученных результатов в разработке современных элементов экранно-вакуумной теплоизоляции.

Результаты работы представлены в 14 публикациях, из них 5 публикаций в журналах, индексируемых международной системой цитирования Scopus, 5 публикаций в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ, 4 публикации в виде тезисов докладов конференций, в том числе международных.

Апробация результатов работы была проведена на российских и международных конференциях:

1. «II-я Международная конференция «Композитные материалы и конструкции». Москва, МАИ, 16 ноября 2021 г. Тема доклада: Математическое моделирование теплового излучения при высокоскоростном обтекании космических аппаратов;

2. «XII Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию Белорусской железной дороги». В 2-х частях. Гомель, 2022. Тема доклада: Экранно-вакуумная теплоизоляция для космических аппаратов;

3. «XXVIII Международного симпозиума им. А.Г. Горшкова». Москва, 2022. Тема доклада: Исследование влияния излучения на физико-механические характеристики экранно-вакуумной теплоизоляции;

4. «XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию Белорусской железной дороги». В 2-х частях. Гомель, 2023. Тема доклада: Расчетно-экспериментальные методы исследования экранно-вакуумной теплоизоляции.

Публикации по теме диссертации в рецензируемых изданиях:

По теме диссертационной работы опубликовано 10 публикаций в научных изданиях, из них 5 научные работы опубликованы в изданиях, рекомендуемых Перечнем ВАК при Министерстве образования и науки РФ и 5 работ опубликовано в издании, цитируемом в базе данных Scopus.

1. Тушавина, О. В., Пронина, П. Ф., Лопатин, С. С. Подходы к моделированию изменения физико-механических свойств и напряженно-деформированного состояния многослойных покрытий при циклическом нагреве/ О. В. Тушавина, П. Ф. Пронина, С. С. Лопатин // СТИН. — 2023. — № 10. — С. 21-23.

2. Тушавина, О. В., Палешкин, А. В., Пронина, П. Ф., Шеметова, Е. В. Оценка допустимых погрешностей воспроизведения тепловых факторов космической среды и погрешностей моделирования тепловых режимов для

малых космических аппаратов/ О. В. Тушавина, А. В. Палешкин, П. Ф. Пронина, Е. В. Шеметова // СТИН. — 2023. — № 10. — С. 23-27.

3. Пронина, П. Ф. Аналитическое моделирование теплопереноса в элементах экранно-вакуумной теплоизоляции / П. Ф. Пронина // Труды МАИ. — 2023. — № 130. — С. 27.

4. Пронина, П. Ф. Исследование влияния дозы излучения на физико-механические характеристики полиимидных пленок с металлизированным покрытием элементов экранно-вакуумной теплоизоляции / П. Ф. Пронина // Труды МАИ. — 2023. — № 132. — С. 14.

5. Пронина, П. Ф., Пичужкин, П. В., Гофин, М.Я. Применение математического моделирования при исследовании теплозащитной конструкции космического аппарата на теплопроводность в условиях изменяющегося давления и температуры во время спуска в плотные слои атмосферы/ П. Ф. Пронина, П. В. Пичужкин, М.Я. Гофин // Научно-технический вестник Поволжья. — 2023. — № 5. — С. 81-84.

6. Starovoitov E.I., Pronina P.F The influence of the temperature field on the stress-strain behaviour of heat protection tiles on an elastic base / Starovoitov E.I., Pronina P.F // Journal of the Balkan Tribological Association. — 2021. — № 2. — С. 256-270.

7. Orekhov A.A., Utkin Y.A., Pronina P.F. Determination of deformation in mesh composite structure under the action of compressive loads / Orekhov A.A., Utkin Y.A., Pronina P.F. // Periodico Tche Quimica. — 2020. — № 35. — С. 599-608.

8. Sha M., Utkin Y.A., Tushavina O.V., Pronina P.F. Experimental studies of heat and mass transfer from tip models made of carbon-carbon composite material (cccm) under conditions of high-intensity thermal load / Sha M., Utkin Y.A., Tushavina O.V., Pronina P.F. // Periodico Tche Quimica. — 2020. — № 35. — С. 988-997.

9. Pronina P.F., Tushavina O.V., Sun Y. Mathematical modelling of high-intensity heat flux on the elements of heat-shielding composite materials of a spacecraft / Pronina P.F., Tushavina O.V., Sun Y. // Journal of Applied Engineering Science. — 2020. — № 4. — С. 693-698.

10. Kyaw Y.K., Pronina P.F., Polyakov P.O. Mathematical modelling of the effect of heat fluxes from external sources on the surface of spacecraft / Kyaw Y.K., Pronina P.F., Polyakov P.O. // Journal of Applied Engineering Science. — 2020. — № 4. — С. 732-736.

Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, содержит 165 страниц основного текста, 45 рисунков, 8 таблиц, списка литературы из 105 наименований и одного приложения.

Во введении сформулированы цель и задачи работы, обоснована актуальность диссертационного исследования, научная новизна, достоверность и обоснованность результатов, а также теоретическая и практическая значимость работы. Кратко охарактеризованы методы теоретического и экспериментального исследований.

В первой главе диссертации представлен краткий обзор используемых в настоящее время экранно-вакуумных теплоизоляций, структура ее пакетов, эксплуатационные параметры, технические особенности теплофизические параметры при различных температурных интервалах, методы определения теплопроводности и сравнительный анализ различных разработчиков метода определения теплопроводности ЭВТИ.

Во второй главе диссертации описано экспериментальное исследование ЭВТИ. Изложены физико-механические исследования характеристик ЭВТИ образцов производства НПП Полипен. Показаны определения механических свойств ЭВТИ в квазистатических испытаниях на растяжение, из которых определялся, в частности, эффективный модуль упругости материала. Исследование влияния излучения на механические характеристики образцов. Испытания на растяжение после излучения.

В третьей главе на основе математического моделирования представлена постановка задачи по определению напряженно-деформированного состояния элемента ЭВТИ на основе решения нестационарной задачи теплопроводности совместно с уравнениями теории упругости для однородного упругого слоя, нагруженного по внутренней и внешней поверхности температурным полем. Проведены тестовые расчеты.

Четвертая глава посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния экранно-вакуумной теплоизоляции на основе постановки задачи, приведенной в третьей главе. Здесь рассматривается напряженно-деформированное состояние ЭВТИ, состоящее из четырех слоев. При этом решается термоупругая задача в несвязанной постановке. Для решения поставленной задачи используется интегральное преобразование Лапласа по времени при однородных начальных условиях. Краевые условия на стыке слоев предполагают равенство температур, температурных потоков в температурной задаче, равенство перемещений и напряжений в упругой. На свободных поверхностях ЭВТИ задается температура, а также равенство нулю напряжений и перемещений.

В пятой главе проводится численное моделирование методом конечных элементов в среде Ansys Workbench. Расчет проводился в плоской осесимметричной постановке. Моделировалась ЭВТИ с ранее полученными характеристиками из эксперимента из второй главы и литературного обзора

первой главы. В этой главе рассматривались две основные задачи: задача теплопроводности и задача термоупругости. В ходе моделирования были получены распределения температурных полей в каждом слое и на их границе, а также определено напряженно-деформированное состояние для каждого из рассматриваемого случая. Полученные результаты позволят подобрать оптимальные толщины каждого слоя рассматриваемого покрытия. Выбор подобных толщин, позволит повысить статическую и циклическую прочность ЭВТИ, за счет снижения уровня максимальных напряжений, которые возникают при действии циклического нагрева.

В заключении обобщаются результаты выполненного исследования и представлены выводы по работе.

Диссертация и автореферат написаны понятным научным языком с корректным использованием научной и технической терминологии. Содержание диссертации подробно и в полном объеме раскрывает постановку, методы, алгоритмы, процедуры и результаты решения поставленных задач. Автореферат в основном отражает содержание диссертации. Оформление диссертации и автореферата в основном соответствует существующим требованиям.

Текст автореферата соответствует тексту диссертации и достаточно полно отражает основное содержание диссертационной работы.

Имеется ряд замечаний, которые, однако, не относятся к основной содержательной части работы и не снижают её общего уровня:

1. Соискатель недостаточно полно отразил современное состояние проблемы за последнее несколько лет. В библиографическом списке литературы значительная часть работ опубликована минимум несколько десятков лет назад.

2. В работе не представлено исследование структуры образцов после излучения. Подобные исследования дополнили бы получивший результат.

3. В работе автор упоминает, что проводит проверку численного моделирования путем варьирования размера элемента. Однако в каком именно диапазоне размера элемента и каков критерий правильности решения автор не упоминает.

4. Текст автореферата и диссертации содержит незначительное количество орфографических ошибок и опечаток.

5. Из автореферата не ясно исследовалась ли учет нестационарности поставленной задачи по исследованию поля температур в элементах экранно-вакуумной теплоизоляции

Указанные замечания носят уточняющий и редакционных характер и не снижают уровень и научную ценность полученных результатов, а также общую положительную оценку работы.

Заключение по диссертации.

Диссертация Прониной Полины Федоровны на тему «Расчетно-экспериментальные методы исследования экранно-вакуумной теплоизоляции» является законченным научным исследованием и соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, согласно пп. 9-14 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 "О порядке присуждения ученых степеней" (с изменениями и дополнениями). Основное содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин в пунктах 11, 14, 15. Автор диссертации, Пронина Полина Федоровна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства» МГТУ им. Н.Э. Баумана 24 ноября 2023г., протокол № 4.

Заведующий кафедрой
«Компьютерные системы
автоматизации производства»
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
д.т.н., профессор



Гаврюшин Сергей
Сергеевич

подпись

Контактные данные организации: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». 105005, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Басманный, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с. 1
Телефон: +7 (499) 263 63 91
E-mail: bauman@bmstu.ru
Официальный сайт: <https://bmstu.ru>

С отзывом ознакомлена
04.12.2023
Проф. Полина Федоровна