

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ПДС 2022.010
на базе Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов»
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 28.12.2022, протокол № 8-3

О присуждении Саттару Шехаку, гражданину Пакистана, ученой степени
кандидата технических наук

Диссертация «Модель термомеханических напряжений в термоэлектрических системах» («Model of Thermomechanical Stresses in Thermoelectric Systems») по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика в виде рукописи принята к защите 28.11.2022, протокол № 8-ПЗ, диссертационным советом ПДС 2022.010 на базе Федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6), приказ от 05.12.2022 № 717.

Соискатель – Саттар Шехак, 1988 года рождения, гражданин Пакистана.

В 2017 году окончил магистратуру НИТУ «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», профиль «Солнечная энергетика. Наука и материалы / Science and Materials of Solar Energy».

С 2017 по 2021 год обучался в аспирантуре департамента механики и процессов управления инженерной академии РУДН по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ / Mathematical Modelling, Numerical Methods, and Software Systems», не соответствующий научной специальности, по которой подготовлена диссертация.

Работает ассистентом кафедры нанотехнологий и микросистемной техники инженерной академии РУДН.

Диссертация выполнена на кафедры нанотехнологий и микросистемной техники инженерной академии Федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель: Беляев Виктор Васильевич, гражданин РФ, доктор технических наук (2.2.6), профессор, главный научный сотрудник управления развития науки МГОУ, профессор кафедры нанотехнологий и микросистемной техники инженерной академии РУДН.

Официальные оппоненты по диссертации:

1. Старков Александр Владимирович, гражданин РФ, доктор технических наук (2.3.1), доцент, профессор кафедры 604 «Системный анализ и управление» Аэрокосмического института ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

2. Задиранов Александр Никитович, гражданин РФ, доктор технических наук (05.16.07), доцент, профессор кафедры общей и специальной химии Учебно-научного комплекса процессов горения и экологической безопасности ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Официальные оппоненты дали положительные отзывы по диссертации.

Ведущая организация по диссертации:

АО «Научно-исследовательский институт «Полюс» имени М.Ф. Стельмаха» (НИИ «Полюс»), г. Москва.

Ведущая организация в своем положительном отзыве, подписанном Г.К. Сафаралиевым, доктором физико-математических наук (1.3.11 / 01.04.10), профессором, членом-корреспондентом РАН, научным руководителем НИИ «Полюс», и утвержденном Е.В. Кузнецовым, генеральным директором НИИ «Полюс», указала, что диссертация выполнена на высоком профессиональном уровне и является законченным научным исследованием, имеющим высокую научную и практическую ценность. В отзыве также указано, что диссертация отвечает критериям п. 2.2 Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного Ученым советом РУДН 23.09.2019, протокол № 12, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе за последние 5 лет 4 статьи в изданиях, рецензируемых в международных реферативных базах данных и системах цитирования, рекомендуемых ВАК РФ, и 1 статья в издании из перечня ВАК РФ с импакт-фактором, превышающем 0,1. Общий объем публикаций – 3,38 п.л. (авторский вклад – 86 %).

Наиболее значимые публикации соискателя:

1. Sh. Sattar, A. Osipkov. Understanding Reliability of the Thermoelectric Devices for Space Application, *Advances in the Astronautical Sciences*. 2020 Volume 170, page 098 (ISBN 978-0-87703-664-7).

2. Sh. Sattar. Measuring Probability of Failure of Thermoelectric Legs through Lognormal and Weibull Distribution. *Journal of Physics: Conference Series* 2020 Volume 1560 pages 012025 (DOI 10.1088/1742-6596/1560/1/012025).

3. K.A. Shishov, H. Chen, P.P. Shiriaev, P.G. Mikhailov, AS Osipkov, Sh. Sattar, V.V. Belyaev, Development of an Experimental Model of a Tourist Thermoelectric Generator and Researching ways to increase its Efficiency, *Journal of Physics: Conference Series* 2020 Volume 1560, pages 012024 (DOI: 10.1088/1742-6596/1560/1/012024).

4. Sh. Sattar, A. Osipkov, V. Belyaev, Mathematical Modeling of Survivability Function for Thermoelectric Module / *Journal of Physics: Conference Series* 2021 Volume 2056, pages 012028 (DOI: 10.1088/1742-6596/2056/1/012028).

5. Sh. Sattar, Mathematical Modelling of Thermo-Mechanical Stresses arising in rectangular supports of Thermoelectric Modules. *Journal of Complex Systems: Models, Analysis, Management in Вестник РочНОУ* 2021 Volume 1, pages 23-36 (DOI: 10.25586/RNU.V9187.21.01.P.023).

Положительные отзывы на автореферат диссертации:

1. Клосс Юрий Юрьевич, гражданин РФ, доктор физико-математических наук (1.2.2), доцент, начальник отдела моделирования физических процессов и прикладных технологий Курчатовского комплекса реабилитации и нераспространения ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

Замечание: Отсутствие полной расшифровки некоторых важных терминов, имеющих иногда разные буквенные обозначения (функции выживания и др.) или наоборот одинаковое (механическое напряжение или отклонение).

2. Соломатин Алексей Сергеевич, гражданин РФ, доктор технических наук

(1.3.6 / 01.04.05), профессор кафедры информатики и компьютерного проектирования Международного института логистики ресурсосбережения и технологической инноватики ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Замечание: Отсутствие описания взаимосвязи физических параметров термоэлектрических материалов с их эксплуатационными характеристиками.

3. Кожанова Евгения Романовна, гражданка РФ, кандидат технических наук (2.2.1 / 05.27.02), доцент кафедры «Информационная безопасность автоматизированных систем» Института прикладных информационных технологий и коммуникаций ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

Замечания:

1) Недостаточно раскрытый механизм влияния физических параметров термоэлектрических материалов на технические характеристики термоэлектрических устройств и систем.

2) Встречаются лексические неточности по тексту.

4. Сычев Максим Максимович, гражданин РФ, доктор технических наук (1.4.15 / 02.00.01), профессор, заведующий кафедрой теоретических основ материаловедения Общепромышленного отделения ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)».

Без замечаний.

5. Максимова Оксана Вадимовна, гражданка РФ, кандидат технических наук (2.3.7, 1.2.2 / 05.13.12, 05.13.05), доцент, заместитель проректора по учебной работе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова».

Замечание: Оформление иллюстративного материала автореферата, а именно подпись элементов рисунков на иностранном языке, что при анализе иллюстрации затрудняет однозначность трактовки проиллюстрированных процессов.

6. Чаусов Денис Николаевич, гражданин РФ, доктор физико-математических наук (1.3.8 / 01.04.07), доцент, заведующий лабораторией фотоники и органической электроники ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук».

Замечание: Отсутствие анализа влияния материалов термоэлектрического устройства на рассматриваемые в диссертации параметры – функция выживания и др.

7. Рыбаков Дмитрий Олегович, гражданин РФ, кандидат физико-математических наук (1.3.8 / 01.04.07), научный сотрудник Лаборатории жидких кристаллов ФГУ «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук».

Замечания:

1) Автор не показал зависимость параметров (функция выживания и пр.), рассматриваемых в диссертации, от материалов, из которых изготовлено термоэлектрическое устройство.

2) В автореферате нет сведений об эффективности термоэлектрического преобразования.

8. Классен Николай Владимирович, гражданин РФ, кандидат физико-математических наук (01.04.07), доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт физики твердого тела им. Ю.А. Осипяна Российской академии наук.

Замечание: Было бы желательно рассмотреть возможность применения разработанной автором модели для анализа термомеханических напряжений в термоэлектрических материалах, содержащих слоистые и другие неоднородные структуры, которые привлекают все большее внимание для повышения эффективности термоэлектрических преобразователей.

Выбор официальных оппонентов обоснован их высокой квалификацией, наличием научных трудов и публикаций, соответствующих теме рассматриваемой диссертации:

1. Старков А.В., Бобронников В.Т., Удалова Н.В., Белоусов И.А. Формирование интеллектуальной бортовой информационно-вычислительной системы беспилотного летательного аппарата // СТИН. 2022. № 4. С. 29-33.

2. Старков А.В., Емельянов А.А., Гришанцева Л.А., Жуковская К.И., Морозов А.А., Тришин А.А. Методология управления потоками целевой информации в космической системе дистанционного зондирования земли. Часть 1. Формализация задачи // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2021. Т. 22. № 1. С. 54-64.

3. Старков А.В., Емельянов А.А., Гришанцева Л.А., Жуковская К.И., Морозов А.А., Тришин А.А. Методология управления потоками целевой информации в космической системе дистанционного зондирования земли. Часть 2. Формирование системы взаимосвязанных математических моделей // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2021. Т. 22. № 2. С. 148-161.

4. Старков А.В., Малышев В.В., Федоров А.В., Тришин А.А. Методика создания программно-математического обеспечения для отработки проведения динамических операций космических аппаратов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2021. Т. 22. № 2. С. 172-183.

5. Starkov A.V., Emelianov A.A., Grishantseva L.A., Zubkova K.I., Malyshev V.V., Nam N.V.H., Win Z.Y. Mathematical model of ERS data processing ground segment operation in terms of processing distribution // В сборнике: Advances in the Astronautical Sciences. 1st IAA/AAS SciTech Forum on Space Flight Mechanics and Space Structures and Materials, 2018. 2020. С. 495-503.

6. Zadiranov A.N., Abu-Mahadi M.I., Malkova M.Yu., Dkhar P. The effect of cyclic heat treatment on the structure of 5140 steel after cold plastic deformation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. Vol. 675. conference 1, 012040.

7. Zadiranov A.N., Malkova M.Yu. Shape Optimization of Nickel Anodes Used in the Production of Galvanic Coatings of Rocket Engine // IAA-AAS-SciTech2018-021 – AAS 18-870, Pp. 859-867, 2020.

8. Zadiranov A.N., Zaya K., Batyshev K.A., Malkova M.Yu. Effect of high pressure processing in the formation of castings of aluminum alloys // Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1687(1), 012034.

9. Zadiranov A.N., Malkova M.Yu., K. Za The effects of heat treatment on the magnetic properties of cobalt-based amorphous alloy // Advances in the Astronomical Science. 2021. Vol. 174. Pp. 681-687.

Выбор ведущей организации обоснован тем, что АО «Научно-исследовательский институт «Полюс» имени М.Ф. Стельмаха» является крупным научным центром, сотрудники которого активно занимаются проблематикой, соответствующей теме диссертационной работы, что подтверждается их научными

трудами и публикациями:

1. Синельников А.О., Медведев А.А., Голяев Ю.Д., Грушин М.Е., Чекалов Д.И. Роль тепловых дрейфов нуля в магнитооптических зеемановских лазерных гироскопах // Гироскопия и навигация. 2021. Т. 29. № 4 (115). С. 46-55.

2. Аракчеев П.В., Безделов В.Л., Бурый Е.В., Данилов А.И., Сапожников С.М., Семеренко Д.А., Ударов И.Ю., Шлеменков А.Л. Измеритель параметров полей излучения импульсных полупроводниковых лазеров в широком диапазоне температур // Приборы и техника эксперимента. 2022. № 5. С. 107-113.

3. Вареник А.И., Горшков В.Н., Грушин М.Е., Иванов М.А., Колбас Ю.Ю., Савельев И.И. Цифровая система регулирования и стабилизации частоты четырехчастотного зеемановского лазерного гироскопа // Квантовая электроника. 2021. Т. 51. № 3. С. 276-282.

4. Кузнецов Е.В., Голяев Ю.Д., Колбас Ю.Ю., Кузнецов Н.Е. и др. Повышение качества и экономической эффективности разработки и производства лазерных гироскопов на основе методов компьютерного моделирования // Автоматизация в промышленности. 2021. № 9. С. 15-22.

5. Жижин Н.К., Иванов Д.А., Иванов М.А., Колбас Ю.Ю., Кузнецов Е.В., Кузина Н.А., Шибeko Е.А. Оптимизация параметров лазерного излучения при хирургическом лечении больных с патологией аноректальной зоны // Фотоника. 2021. Т. 15. № 8. С. 676-687.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований:

1) Разработана оптимизированная математическая модель термоэлектрического устройства, описывающая взаимосвязь между тепловыми потоками, электрической мощностью и КПД устройства. Рассчитано влияние Джоулева тепла на теплопроводность материала и подвижность носителей заряда в заданном объеме и на поверхности.

2) Разработана оптимизированная математическая модель для измерения плоских напряжений и деформаций, касательных напряжений, функции напряжений и исследования термоупругого поведения термоэлектрических ветвей термоэлектрического устройства. Рассчитаны характеристики термоэлектрической ветви для сегментированных и несегментированных устройств.

3) Разработана оптимизированная математическая модель для прогнозирования надежности термоэлектрических устройств с использованием параметрического логарифмически нормального среднего остаточного ресурса и непараметрического логарифмически нормального ядерного распределения.

4) Разработана модель термоэлектрических устройств с использованием непараметрического логарифмически нормального метода Байеса, вывода ядерного распределения в отношении моделирования Монте-Карло, распределения Вейбулла и логарифмически нормального среднего остаточного срока службы для различных форм для функции выживания.

Теоретическая значимость диссертации состоит в том, что:

1) Впервые представлена математическая модель для расчета точного количества термоэлектрических ветвей в устройстве. Моделирование в MATLAB и решение COMSOL показывают, что за счет увеличения расстояния между ветвями можно компенсировать чрезмерные термические напряжения.

2) Впервые предложен оптимизированный способ использования логнормального распределения для расчета срока службы устройства с использованием параметрического и непараметрического логнормального распределения.

3) Впервые с использованием дискретных данных математически получена непараметрическая функция выживания для определения среднего остаточного ресурса устройств, работающих при среднем и более высоком температурном градиенте.

Значение для практики полученных результатов подтверждается тем, что они позволяют обосновать следующее их практическое применение в реальных приборах и системах:

1) Оптимизированная модель демонстрирует возможность увеличения срока службы термоэлектрической системы без ущерба для ее эффективности. Увеличение срока службы устройства уменьшит стоимость проекта и повысит коэффициент совместимости материалов.

2) Управление напряжениями в термоэлектрических устройствах и системах играет важную роль в космических проектах, при использовании отработанного тепла в промышленности, зданиях и автомобилях.

3) Математическая модель задает количество ветвей в устройстве и приемлемое соотношение их высоты и толщины в течение срока службы.

4) Градиент температуры может быть рассчитан в соответствии с термическими напряжениями и наоборот.

5) Впервые представлены логарифмически нормальное распределение среднего остаточного ресурса и непараметрическая функция выживания, которые в термоэлектрических системах обеспечивают лучшие результаты по сравнению с теорией отказов Вейбулла.

Достоверность результатов исследования подтверждается правильным выбором методов и критериев оптимизации, совпадением результатов численных экспериментов с результатами, опубликованными в литературе. Достоверность результатов подтверждается также численными экспериментами, сравнением с результатами существующих методов, а также успешным использованием в практической деятельности.

Личный вклад соискателя состоит в анализе и обобщении научных публикаций по теме диссертации, планировании исследования, интерпретации и систематизации, личной разработке теоретических положений, верификации методов, выполнении всех технических работ, в том числе в проведении численного моделирования, получении, анализе и обобщении результатов, написании рукописи. Вклад автора является определяющим и заключается в непосредственном участии в исследовании на всех его этапах: от постановки задач и их реализации до обсуждения результатов в научных публикациях и докладах на конференциях.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, имеющей важное научное и практическое значение. Научная новизна результатов, представленных в работе, имеет существенное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации обоснованы.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, отвечает критериям пункта 2.2 Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного Ученым советом РУДН (протокол № 12 от 23.09.2019), а её автор, Саттар Шехак, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Заключение диссертационного совета подготовлено Мальковой Марианной Юрьевной, д.т.н., доцентом, профессором кафедры машиностроительных технологий инженерной академии РУДН; Галишниковой Верой Владимировной, д.т.н., профессором, проректором НИУ МГСУ; Дивеевым Асхатом Ибрагимовичем, д.т.н., профессором, главным научным сотрудником ФИЦ ИУ РАН.

На заседании 28.12.2022 диссертационный совет принял решение присудить соискателю Сагтар Шехак ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, участвовавших в заседании, в том числе 4 доктора наук, работающих в совете по специальности рассматриваемой диссертации, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 12, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета

Ю.Н. Разумный

Ученый секретарь диссертационного совета

О.Е. Самусенко

