

## **ОТЗЫВ**

**научного консультанта на диссертацию  
Евдулова Олега Викторовича «Разработка устройств и систем для  
охлаждения на основе сильноточных термоэлектрических  
преобразователей энергии», представленную на соискание ученой степени  
доктора технических наук по специальности 05.04.03 – машины и  
аппараты, процессы холодильной и криогенной техники, систем  
кондиционирования и жизнеобеспечения**

Диссертационная работа Евдулова О.В. посвящена актуальной проблеме разработки охлаждающих систем для различных отраслей техники, решение которой даст возможность повысить надежность функционирования аппаратуры, ее эффективность, а также продлить срок службы. В работе исследованы технические решения, связанные с использованием сильноточных термоэлектрических преобразователей энергии, в том числе реализованных в виде специальной слоистой конструкции, с улучшенными термомеханическими характеристиками для объектов радиоэлектроники и медицины. Изучены возможности совместного использования сильноточных термоэлектрических преобразователей и тепловых аккумуляторов, а также динамические режимы работы выполненных на их основе устройств для медицины.

В процессе подготовки диссертации Евдулов О.В. показал умение работать с литературными источниками, самостоятельность при решении проблем, возникающих в ходе работы, старательность, аккуратность и трудолюбие.

Диссертантом на высоком уровне проведен подробный анализ тенденций развития термоэлектрического приборостроения, уровень промышленного производства термоэлектрических преобразователей энергии и приборов на их основе, существующие проблемы, ограничивающие практическое использование термоэлектрической техники. Внимание уделено анализу материалов по использованию термоэлектрического охлаждения для обеспечения температурных режимов работы радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), а также при проведении физиотерапевтических процедур. Разработаны методики натурных испытаний опытных образцов систем с последующей их реализацией с использованием современной контрольно-измерительной и вычислительной аппаратуры. При создании и анализе математических моделей, проведении численного эксперимента диссертант на достаточном уровне владел современными вычислительными средствами и пакетами прикладных программ для теплофизического моделирования. При обработке экспериментального материала провел оценку погрешностей эксперимента и подтвердил правомерность разработанных моделей, расчетных данных и теоретических выводов.

В результате проведения диссертационных исследований соискателем получены следующие основные научные результаты:

- на основе анализа современного состояния в области исследования и проектирования охлаждающих систем на базе полупроводниковых термоэлектрических преобразователей энергии показано, что для повышения энергетических характеристик систем на их основе целесообразным является использование в их составе сильноточных термоэлементов с улучшенными термомеханическими характеристиками;
- для повышения термомеханических характеристик термоэлементов предложено их слоистое исполнение, при котором направление электрического тока и теплового потока совпадают;
- разработана математическая модель слоистого термоэлемента, построенная на основе решения двумерной нестационарной задачи теплопроводности и термоупругости для многослойной системы сложной конфигурации, учитывающая тепловое расширение и сжатие материалов;
- получены зависимости, позволяющие определить термомеханические напряжения и деформации в слоистых термоэлементах и осуществить их сравнение с характеристиками классической П-образной конструкции;
- разработан метод теплоотвода от элементов РЭА работающих в режиме повторно-кратковременных тепловых нагрузок, состоящий в совместном использовании плавящихся рабочих веществ и сильноточных термоэлектрических батарей, дающий возможность повысить продолжительность цикла работы радиоэлектронного компонента за счет сокращения времени затвердевания рабочего агента;
- предложен метод неравномерного охлаждения элементов электронных плат, основанный на совместном использовании плавящихся рабочих веществ и сильноточных термобатарей, предусматривающий основной отвод теплоты от РЭА в плавящийся агент и дополнительное охлаждение наиболее тепловыделяющих объектов посредством термоэлектрических преобразователей;
- предложены методы теплового воздействия на отдельные зоны человеческого организма, основанные на использовании сильноточных термоэлектрических батарей;
- разработаны математические модели, реализованные путем решения многомерных нестационарных задач теплопроводности для тел сложной конфигурации, подтвержденные серией экспериментов, для термоэлектрических систем, используемых при отводе теплоты от элементов РЭА, а также теплового воздействия в медицине.
- на основе исследований разработан и внедрен ряд новых устройств для охлаждения элементов РЭА, проведения тепловых процедур в медицине.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс и производство, что подтверждено соответствующими актами внедрения.

Автореферат адекватно отражает полученные в диссертационной работе результаты.

В научной деятельности вуза диссертант принимает активное участие, занимаясь изобретательской деятельностью и участвуя в международных, всероссийских и региональных конференциях. Диссертант принимал участие в научных мероприятиях различного уровня, таких, как: X-XV Межгосударственные семинары и конференции «Термоэлектрики и их применение» (Санкт-Петербург, ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, 2006-2016 г.г.), XV-XX Международные НТК «Измерение, контроль, информатизация» (Барнаул, Алтайский ГТУ, 2014-2019 г.г.), IV-VIII Международные НТК «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, СПбГУНиПТ, НИУ ИТМО, 2009-2017 г.г.), VI-VII Международные НТК «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (Москва, МИРЭА, 2009, 2010 г.г.), XV Всемирный конгресс Международного общества криохирургов (Санкт-Петербург, 2009 г.), XVI Международный форум по термоэлектричеству (Париж, 2015 г.), XVII Международный форум по термоэлектричеству (Белфаст, 2017 г.) и др. Разработки соискателя удостоены медалей и дипломов выставок различного уровня. В частности золотых медалей на Международной выставке интеллектуальной собственности, изобретений, инноваций и технологий «IPITECH» (Таиланд, Бангкок, 2017 г.), 26 Международной выставке «ITECH» (Малайзия, Куала-Лумпура, 2015 г.), 17 Международном салоне исследований и технологического трансфера «INVENTICA» (Румыния, Яссы, 2013 г.), 12 Международном салоне изобретений и новых технологий «Новое Время» (Россия, Севастополь, 2016 г.), золотых, серебряных и бронзовых медалей на Международных выставках «Архимед» (Россия, Москва, 2008-2018 г.г.), серебряных медалей на 5 Международной выставке «Измерения, мир, человек» (Россия, Барнаул, 2015 г.), бронзовой медали на 12 Международной ярмарке инноваций «SIIF-2014» (Южная Корея, Сеул, 2014 г.), 47 Международной выставке изобретений «INVENTIONS GENEVA» (Швейцария, Женева, 2019 г.).

По теме диссертации опубликовано 90 работ, в том числе 2 монографии, 8 статей в журналах, входящих в базу данных Scopus, 20 статей в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 34 патента на изобретение РФ.

Представленная к защите диссертационная работа на тему «Разработка устройств и систем для охлаждения на основе сильноточных термоэлектрических преобразователей энергии» отвечает требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, рекомендуется к принятию, а ее автор, Евдулов Олег