**Резюме проекта, выполняемого в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»
по этапу № 3/итоговый**

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.577.21.0202

Тема: «Разработка элементов гибридной системы локальной термостабилизации электронных модулей на основе микроканальных теплообменников и термоэлектрических преобразователей»

Приоритетное направление: Транспортные и космические системы

Критическая технология: Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии

Период выполнения: 27.10.2015 г. – 31.12.2017 г.

Плановое финансирование проекта: 73.00 млн. руб.

 Бюджетные средства 34.00 млн. руб.,

 Внебюджетные средства 39.00 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

Индустриальный партнер: Акционерное общество «РИФ»

Ключевые слова: ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИЯ, СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ, СИСТЕМА НАГРЕВА, ПОРИСТЫЙ ТЕПЛООБМЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТ, ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОДУЛИ, ДОБРОТНОСТЬ, ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, ТЕРМОЭДС

1. Цель проекта

Проблема, на решение которой направлен проект - повышение надежности эксплуатации электронных модулей телекоммуникационного оборудования в условиях воздействия низких температур и перегрева.

Цель проекта - разработка элементов гибридной системы локальной термостабилизации на основе микроканальных теплообменников с пористыми элементами и термоэлектрических преобразователей с заданной холодопроизводительностью, обеспечивающих стабильную работу электронных модулей.

Реализация результатов проекта позволит разработать гибридную систему, обеспечивающую экономию электропитания телекоммуникационного оборудования за счет перехода к локальной (точечной) термостабилизации компонентов критичных к тепловому режиму.

2. Основные результаты проекта

В результате выполнения проекта были разработаны, изготовлены и исследованы элементы, а также макет гибридной системы локальной термостабилизации. Проведена проработка нескольких схем гибридной системы с применением микроканального теплообменника и термоэлектрических модулей охлаждения (ТЭМО) функционирующих в едином гидравлическом контуре. Использование ТЭМО позволило осуществить термостабилизацию системы как в условиях высоких температур окружающей среды (в качестве источника дополнительного охлаждения), так и в условиях низких температур при запуске электронного оборудования (в качестве локального источника нагрева). На данные схемы получены патент на изобретение и патент на полезную модель.

Концепция разработки микроканального теплообменника (МКТ) основывалась на применении пористых ребер для обеспечения высокого теплосъема, минимальных габаритно-массовых характеристик и невысоких энергетических затрат на прокачку теплоносителя при оптимальной организации движения теплоносителя.

Для изготовления ТЭМО использовались твердые растворы теллурида висмута $n\text{-Bi}_2\text{Te}_3\text{-xSex}$ и $p\text{-Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$, т.к. они являются высокоэффективными в требуемом диапазоне рабочих температур. Данные материалы и ТЭМО на их основе изготавливались, и проходили испытания за счет Индустриального партнера – АО «РИФ». Материалы обладают термоэлектрической эффективностью более $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, а ТЭМО обеспечил холодильный и отопительный коэффициент более коэффициенты более 0,7 и 1,5 соответственно.

Разработаны математические модели элементов гибридной системы локальной термостабилизации: МКТ для подвода и отвода тепловой энергии при условии нестационарности; внешнего теплообменного блока для подвода и отвода тепловой энергии с учетом нестационарности; ТЭМО, функционирующего в условиях сопряжения с системой. На основе математических моделей проведено моделирование теплогидравлических процессов и определены конструктивные параметры при заданных значениях тепловой нагрузки.

Экспериментальный образец микроканального теплообменника изготавливался методом пористого литья вакуумной пропиткой, включая нанесение оксида алюминия магнетронным методом с целью получения диэлектрических свойств. Испытания МКТ подтвердили его работоспособность в диапазоне температур от минус 40 С до +125 С, а также требуемый теплосъем до 100 Вт/см^2 .

Экспериментальный образец блока-охлаждения на основе ТЭМО изготавливался и разрабатывался АО «РИФ» и по результатам испытаний показал холодильный коэффициент более 0,5.

Изготовленные макет гибридной системы, экспериментальный образец МКТ и блок охлаждения на основе ТЭМО прошли исследовательские испытания с целью верификации и проверки адекватности математического моделирования. Точность полученных результатов, обеспечивающая степень совпадения математического моделирования и эксперимента составила менее 8 %.

Научно-технические показатели выполненного проекта соответствуют результатам работ, определяющим мировой уровень.

Полученные результаты проекта полностью соответствуют требованиям к выполняемым работам; экспериментальные образцы термоэлектрических материалов, экспериментальный образец ТЭМО, экспериментальный образец микроканального теплообменника, макет гибридной системы локальной термостабилизации полностью соответствуют техническим требованиям к научно-техническим результатам ПНИЭР согласно техническому заданию проекта.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Патент на полезную модель № 175596 от 20.07.2017 г. "Теплообменный блок", РФ.

Патент на полезную модель № 175654 от 02.05.2017 г. "Устройство для термостабилизации электронной аппаратуры", РФ.

Патент на изобретение № 2630948 от 03.06.2017 г. "Способ термостабилизации электронной аппаратуры", РФ.

4. Назначение и область применения результатов проекта

Гибридная система локальной термостабилизации должна обеспечить существенную экономию ресурсов электропитания телекоммуникационного оборудования, а также надежность и время непрерывной работы за счет перехода к локальной (точечной) термостабилизации компонентов критичных к тепловому режиму. Это позволит развивать телекоммуникационную инфраструктуру Российской Федерации, в том числе за счет освоения территории Сибири и Крайнего Севера.

Разработанные математические модели основных элементов гибридной системы могут применяться при создании новых и повышении эффективности существующих устройств подобного класса и назначения.

Результаты ПНИЭР являются основой для дальнейших исследований (ОКР) и созданию опытного образца.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Гибридная система локальной термостабилизации должна обеспечить существенную экономию ресурсов электропитания телекоммуникационного оборудования, а также надежность и время непрерывной работы за счет перехода к локальной (точечной) термостабилизации компонентов критичных к тепловому режиму. Это позволит развивать телекоммуникационную инфраструктуру Российской Федерации, в том числе за счет освоения территории Сибири и Крайнего Севера.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

На основе договора с индустриальным партнером результаты, полученные в ходе проведения ПНИЭР будут внедрены в производство АО «РИФ», г. Воронеж. Потенциальными потребителями данной разработки могут быть производители микропроцессорной техники («ВЗПП-Микрон», ГК «Sitronics», Samsung Electronics, Qualcomm) и производители оборудования сотовой (системы скоростной передачи данных 3G, 4G) и космической связи (Концерн «Созвездие», ГК «Ростехнологии»).

7. Наличие соисполнителей

Организация-соисполнитель по проекту – общество с ограниченной ответственностью научно-производственное предприятие «ИнтерПолярис». Данная организация привлекается на всех этапах выполнения проекта.

ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный
технический университет»,
ректора
М.П.

_____ С.А. Колодяжный

Руководитель работ по проекту,
проректор по науке и инновациям _____

И.Г. Дроздов