



Акционерное общество
«Государственный ракетный центр
имени академика В.П.Макеева»
(АО «ГРЦ Макеева»)
Российская Федерация, Челябинская область,
г. Миасс

✉ Турагоякское шоссе, 1, г. Миасс,
Челябинская область, 456300
☎ 351-3/28-63-70 ☎ 351-3/55-51-91; 24-12-33
Телеграфный адрес: «Рубин» 624013
E-mail: src@makeyev.ru
ОКПО 07549733, ОГРН 1087415002168
ИНН/КПП 7415061109/741501001

От _____ № _____

На № _____ от _____

Отзыв

Акционерного Общества «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева» на автореферат диссертации Красношлыкова Александра Сергеевича на тему «Теплоперенос в аккумуляторных батареях энергонасыщенного оборудования с системами обеспечения теплового режима на базе термосифонов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Аккумуляторные батареи в настоящее время находят широкое применение в различных отраслях техники, в том числе в аэрокосмической отрасли, при эксплуатации различных видов водного, воздушного, наземного транспорта. В процессе эксплуатации аккумуляторные батареи могут работать в условиях пиковых нагрузок, и это приводит к их интенсивному нагреву. При превышении определенных температур может происходить перегрев и возгорание батарей, и при их разработке определяются и указываются допустимые значения температур. Соответственно задача разработки мер по обеспечению тепловых режимов аккумуляторных батарей при использовании в современных и перспективных технических системах и транспортных

средствах и, соответственно, тема диссертационной работы являются актуальными.

Работа посвящена созданию нового способа и соответствующих систем обеспечения теплового режима аккумуляторных батарей на базе замкнутых двухфазных термосифонов. Автором было проанализировано состояние вопроса по теплопереносу в аккумуляторных батареях и термосифонах и было установлено, что исследования по влиянию основных определяющих факторов на характеристики теплопереноса в таких системах ранее не проводились. Это определило основные цели и задачи исследований. Основным методом исследований являлось численное моделирование основных теплофизических и гидродинамических процессов в системе «аккумуляторная батарея – замкнутый двухфазный термосифон» с использованием программных пакетов ANSIS Thermal Electric и Fluent. Была выполнена постановка задачи математического моделирования процессов, протекающих в аккумуляторных батареях и замкнутых двухфазных термосифонах, и проведены тестовые исследования по верификации используемого метода численного решения основных задач диссертации с использованием опубликованных в литературных источниках экспериментальных данных.

Проведены численные исследования нагрева батарей при охлаждении за счет свободной конвекции и определены предельные токовые нагрузки, не приводящие к перегреву типовых аккумуляторных батарей при таком способе теплосъема. Показано, что при пиковых токовых нагрузках без интенсификации теплосъема каким-либо способом батареи будут перегреваться. Исходя из того, что вынужденная интенсификация конвективного теплосъема требует применения дополнительных сложных систем, предложено использовать для теплоотвода простые по принципу действия двухфазные термосифоны. Проведены исследования эффективных характеристик термосифонов при подводе к их нижней крышке тепловых потоков от батареи, близких к реализующимся при предаварийных условиях. Показано, что увеличение высоты парового канала термосифона после определенного значения слабо влияет на повышение эффективности термосифона, что позволяет минимизировать его габариты. Проведена оценка эффективности использования для четырех наиболее применяемых хладоагентов, в результате которой установлено, что наибольшей

эффективностью обладает вода. Определены оптимальные толщины слоя воды на нижней крышке термосифона, позволяющие обеспечить эффективную работу замкнутого двухфазного термосифона в заданных условиях применения типичных литий-ионных батарей. Предложена конструктивно-компоновочная совмещенная схема батареи с термосифонами. На основе проведенных исследований сформулированы рекомендации по применению замкнутых двухфазных термосифонов в качестве основного элемента системы обеспечения теплового режима литий-ионных аккумуляторных батарей воздушных судов.

Представленные в автореферате материалы позволяют сделать вывод, что и проработка идеи применения двухфазных термосифонов для обеспечения теплового режима аккумуляторных батарей, и результаты соответствующих исследований впервые выполнены и получены автором, что характеризует научную новизну работы.

Проработки и численные исследования на примере типичных аккумуляторных батарей, необходимость обеспечения теплового режима батарей современных и перспективных транспортных средств, в том числе и аэрокосмического назначения, характеризуют практическую значимость работы.

Вместе с тем, имеется ряд вопросов и замечаний.

1 Не рассмотрен вариант замены корпуса батареи из поливинилхлорида на корпус из другого электроизоляционного материала с большей теплопроводностью (например, в два - четыре раза, как у органопластика «Органогетинакс»), что позволило бы отводить большее количество теплоты при тех же коэффициентах свободно-конвективной теплоотдачи. В результате могло бы и не потребоваться применение дополнительных систем теплоотвода.

2 На странице 11 автореферата перспективность применения термосифонов обосновывается тем, что «...создание сложных систем охлаждения, способных обеспечивать высокую интенсивность теплосъема (а более 15 Вт/м²·К), ... практически невозможно по целому ряду технико-экономических условий». В п. 4 рекомендаций по применению термосифонов для обеспечения теплового режима аккумуляторных батарей (страницы 18 – 19 автореферата) говорится: «... для поддержания регламентной температуры ... (60°C) необходимо создание условий устойчивого теплоотвода...,

соответствующих коэффициентам теплоотдачи 9 Вт/м²·К и более». То есть все равно необходимо применение «...сложных систем охлаждения, способных обеспечивать высокую интенсивность теплосъема»? В чем же тогда кардинальное преимущество применения термосифонов?

Учитывая перспективность применения аккумуляторных батарей в различных технико-практических областях, в частности, в электромобилях, целесообразно эти вопросы в дальнейшем проработать.

В целом же, судя по автореферату, диссертационная работа актуальна, соответствует критериям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в ред. от 01.10.2018), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, обладает научной новизной и практической значимостью, а сам автор, Красношлыков Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Заместитель генерального конструктора
по проектированию изделий и комплексов
АО «ГРЦ Макеева»

Сергей Филиппович Молчанов

Главный научный секретарь
АО «ГРЦ Макеева», к.т.н.

Сергей Тимофеевич Калашников

Ведущий научный сотрудник
отдела 102 АО «ГРЦ Макеева»,
д.т.н., доцент

Геннадий Федотович Костин

Полное наименование предприятия: Акционерное Общество «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева» (АО «ГРЦ Макеева»).
Адрес: Российская Федерация, 456300, Челябинская область, г. Миасс, Тургоякское шоссе, 1.
Телефон: 8(3513)-286370. Факс: 8(3513)-28555191. E-mail: src@makeyev.ru.

Подпись и фамилия
Д.С. Геннадий Федотович Костин