ОТЗЫВ

официального оппонента Таирова Э.А. на диссертацию Красношлыкова Александра Сергеевича «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

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа А.С. Красношлыкова посвящена численному моделированию и исследованию тепловых режимов аккумуляторных батарей с системами охлаждения на основе замкнутых термосифонов. Промышленные накопители электрической энергии имеют большое значение в применении их на воздушном и наземном транспорте, в космической и специальной технике, в комбинированных системах электроснабжения потребителей. В этой связи существует необходимость в разработке и исследовании новых, достаточно простых и эффективных систем термостабилизации аккумуляторных батарей при номинальных и кратковременно повышенных токовых нагрузках. Представленная диссертация содержит новое решение этой несомненно актуальной задачи.

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается строгой математической постановкой задач исследования, использованием для вычислений апробированных современных пакетов “ANSYS Thermal Electric” и “Fluent”, а также проведением специальных тестовых расчетов, показывающих их согласование с результатами экспериментов других авторов.

Научная новизна полученных результатов

Существенной новизной обладает предложенный автором подход к обеспечению теплового режима энергонасыщенных аккумуляторных батарей на основе двухфазных термосифонов, опирающийся на проведение численного анализа совместно протекающих процессов кондукции, конвекции и фазовых переходов в системе. Впервые численно исследовано влияние определяющих факторов (плотность теплового потока, условия теплоотдачи, свойства теплоносителя, начальная толщина слоя теплоносителя в термосифоне, высота термосифона) на основные

характеристики процессов теплопереноса в системе «аккумуляторная батарея – замкнутый двухфазный термосифон».

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Значимость работы заключается в том, что развитый в работе новый подход к исследованию процессов тепло- массопереноса в системе «аккумуляторная батарея – замкнутый двухфазный термосифон» является универсальным и может быть использован для определения необходимых и достаточных условий при создании систем обеспечения теплового режима аккумуляторных батарей различного назначения. В работе получены конкретные рекомендации по созданию системы обеспечения теплового режима современных литий - ионных аккумуляторов, применяемых в авиационной технике.

Оценка содержания диссертации, ее завершенности

Диссертация содержит 116 машинописных страниц, включая 39 рисунков, 2 таблицы, список литературы из 167 наименований, 1 приложение в виде акта об использовании результатов диссертационной работы, и состоит из введения, 4 глав и заключения. Диссертация является завершенным научно-квалификационным исследованием.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, определяются цели и задачи работы, формулируются ее научная новизна и практическая значимость, определены положения, выносимые на защиту.

В первой главе дается оценка современного состояния исследований тепловых режимов аккумуляторных батарей и процессов теплопереноса в замкнутых двухфазных термосифонах с привлечением обширного обзора преимущественно зарубежной литературы по теме диссертации. В качестве примера рассмотрены проблемы, выявленные при использовании литий – ионных аккумуляторов в качестве аварийных источников электроснабжения воздушных судов компанией Boeing. Отмечены недостатки известных экспериментальных и теоретических исследований, указывается на отсутствие разработок по применению замкнутых двухфазных сифонов для обеспечения теплового режима аккумуляторных батарей воздушных судов.

Во второй главе представлены физико – математические постановки задач исследования теплопереноса в литий – ионном аккумуляторе при работе с высокими токовыми нагрузками и исследования теплопереноса в замкнутом

двухфазном термосифоне в выбранном диапазоне тепловых потоков. Задачи решаются в двумерной нестационарной постановке при соответствующих краевых условиях. Приведены методика решения сформулированных задач с применением программного пакета ANSYS Fluent и результаты расчетов. Выполнена верификация метода и алгоритма решения задачи сравнением результатов тестовых расчетов с экспериментальными данными, опубликованными в журнале “Applied Thermal Engineering”, 2010 г.

В третьей главе, наиболее значительной по объему, представлены подробные результаты численного исследования сформулированных в предыдущей главе задач. Получены зависимости температуры электролита при различных токовых нагрузках на аккумуляторе и интенсивностях теплосъема с его боковой поверхности. Оценены условия, когда температура электролита не превышает критических значений, определены соответствующие интенсивности отводимого теплового потока. Подробно исследованы физические процессы в замкнутом двухфазном термосифоне при заданных плотностях теплового потока. Определены влияние продольного размера, теплофизических свойств теплоносителя, толщины слоя жидкости на распределение температур по высоте и эффективность работы термосифона. Полученные результаты указывают на перспективность применения замкнутых двухфазных термосифонов для обеспечения теплового режима аккумуляторных батарей воздушных судов.

В четвертой главе представлены результаты расчетного анализа возможности применения термосифонов для обеспечения теплового режима аккумуляторных батарей типа LVP65. Исследованы динамика температур в термосифоне и на поверхности аккумулятора при различных режимных условиях и толщины слоя хладагента на нижней крышке термосифона. Сформулированы практические рекомендации по применению двухфазного термосифона в системе обеспечения теплового режима литий – ионных аккумуляторов типа LVP65.

В ***заключении*** формулируются основные результаты и выводы по работе.

Замечания к диссертации

1. Очень кратко представлено описание физической постановки задач для математического моделирования. В связи с этим возникает второе замечание.

2. На рис.2.1 показана схема многопластинчатого аккумулятора, и выделен для расчета четырехслойный сегмент с боковой стенкой. Следовало пояснить задание при $x = 0$ нулевого градиента температуры, экранирующего

боковую стенку от составляющей теплового потока, создаваемого тепловыделением в соседних пластинах.

3. В работе не рассматривается тепловой эффект экзотермических реакций в электролите. Для убедительности полезно было привести зависимость данного эффекта от температуры.

4. Численный анализ, представленный в главе 4, исходит из задания трех оценочных значений плотности теплового потока на боковой стенке аккумулятора, что локализует роль разделов 2.1 и 3.1 в диссертации.

5. Работа не лишена ряда неточностей, например:

5.1. В уравнениях (3), (11) и (13) упущен знак “ - ” перед компонентами градиента давления.

5.2. В последних слагаемых уравнений (6) и (7) ошибочно присутствуют сомножители V_1 и V_2.

5.3. Не пояснено различие обозначений удельной плотности объемного тепловыделения в уравнении (1) и в уравнениях (6), (7) на с.36-37.

5.4. На с.41 отсутствуют индексы принадлежности к жидкости и пару при теплофизических переменных в граничных условиях.

5.5. На с.70 в таблице 1 вместо $\lambda*10^2$ должно стоять просто λ. В таблице 2 на этой же странице для обозначения двух разных величин применен один общий символ.

5.6. Для обозначения температуры по шкале Кельвина везде в тексте диссертации и на рисунках следует авторское обозначение “^0K” исправить на “K”.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат отражает основные положения, сформулированные в диссертации.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Основные результаты диссертации опубликованы в 11 печатных работах, в том числе, 3 из них в журналах из списка ВАК. В международных журналах, индексируемых базами данных Scopus и Web of Science, опубликовано 8 статей.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней»

Полученные в представленной работе результаты способствуют реализации нового научно обоснованного технического решения в проблеме повышения надежности и расширения эксплуатационных режимов работы химических накопителей электрической энергии. Предложенные автором новое решение и расчетная методика в задаче обеспечения теплового режима аккумуляторов могут быть использованы при проектировании аккумуляторных батарей различного назначения в космической отрасли, на воздушном и наземном транспорте, в стационарной энергетике для систем с комбинированными источниками энергии.

Диссертация А.С. Красношлыкова «Теплоперенос в аккумуляторных батареях энергонасыщенного оборудования с системами обеспечения теплового режима на базе термосифонов» является завершенной работой, выполненной на высоком научном уровне. Диссертация содержит новые результаты и соответствует требованиям к кандидатским диссертациям, предъявляемым согласно п.9 “Положения о присуждении ученых степеней”, а ее автор А.С. Красношлыков заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Главный научный сотрудник
систем энергетики им. Л.А.Т
СО РАН, д.т.н. Э.А.Таиров

Подпись Таирова Э.А. заверяю
Зав. канцелярией ИСЭМ СО РАН
подпись Павлова Л.И.
расшифровка подписи
«05» 06 2019 г.

Таиров Эмир Асгадович

664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130, ИСЭМ СО РАН

Тел. (3852)500-646 доб. 175

e-mail: tairov@isem.irk.ru

Я, Таиров Эмир Асгадович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации А.С. Красношлыкова, и их дальнейшую обработку.

Поступил в совет 17.06.2019
Уч. секретарь ДС Борщев О.В.

С отзывом ознакомлен 17.06.19 Красношлыков А.С.