

ОТЗЫВ

дополнительного члена диссертационного совета ДС.ТПУ.18 Стрижака Павла Александровича на диссертацию Нурпейиса Атланта Едиулулы на тему «Экспериментальное исследование и математическое моделирование процессов теплопереноса в замкнутых двухфазных термосифонах» по специальности «05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика» на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Проблемы повышения энергоэффективности снабжающих систем и производств традиционно считаются одними из основных при разработке и эксплуатации энергетического оборудования. В ряде отраслей промышленности и специализированных приложениях важно максимально быстро отвести тепло от нагретой поверхности. Ключевое решение проблемы в таких условиях состоит в задействовании не только всех известных механизмов теплообмена, но и фазовых превращений. Как правило, основные надежды связывают с двухфазными потоками. Но системы с двух- и многофазными потоками крайне сложны в практической реализации и настройке. Единая теория тепломассопереноса и гидрогазодинамики для таких систем пока не разработана. При этом даже довольно полные по количеству учитываемых факторов и процессов математические модели нередко позволяют получить достаточно большие расхождений с экспериментальными данными. В таком случае важно совмещать проведение экспериментальных исследований и математического моделирования с выделением основных процессов, факторов и эффектов. Можно разработать оптимальную, с точки зрения полноты описания процесса, количества учитываемых процессов и факторов, математическую модель. В связи с этим можно сделать вывод о том, что **тема диссертационной работы А.Е. Нурпейиса, целью которой** является разработка математической модели, существенно менее сложной по сравнению с известными и отличающейся от последних учетом термогравитационной конвекции и фазовых превращений в зонах испарения и

процесса кондукции в зоне конденсации при тепловых потоках, соответствующих условиям работы энергонасыщенного оборудования, безусловно, **актуальна**.

Диссертация А.Е. Нурпейиса выполнена на 157 страницах, **состоит из** введения, трех глав и заключения. Работа включает 38 рисунков, 5 таблиц и список литературы, состоящий из 198 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель, задачи, защищаемые положения, научная новизна и практическая значимость, выделен личный вклад диссертанта, а также освещены вопросы апробации результатов исследований.

В первой главе приведены результаты обзора работ коллег с акцентом на современное состояние исследований в мире с учетом вклада исследователей из России, Украины, Белоруссии, Индии, Италии, Великобритании, Китая и др. Кратко прокомментированы известные результаты экспериментов и данные математического моделирования.

Во второй главе приведена методика диссертационных исследований в паровом канале термосифона, зонах испарения и конденсации, а также результаты выполненных опытов. Создана необходимая информационная база для последующего математического моделирования.

В третьей главе представлены физическая модель и математическая постановка задачи нестационарной термогравитационной конвекции в двухфазном термосифоне, а также результаты математического моделирования.

В заключении сформулированы основные выводы и выделены ключевые результаты диссертационных исследований.

Содержание автореферата соответствует рецензируемой диссертации.

Научная новизна диссертации состоит в следующем:

- Экспериментально изучены особенности изменения температуры в разных сечениях двухфазного термосифона с разделением зон испарения и конденсации.

- Разработана математическая модель, отличающаяся от известных учетом термогравитационной конвекции и фазовых превращений в зонах испарения и процесса кондукции в зоне конденсации при тепловых потоках, соответствующих условиям работы энергонасыщенного оборудования.
- Установлены основные характеристики процессов теплопереноса в двухфазных термосифонах на основе результатов экспериментальных и теоретических исследований.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в том, что разработанные математические модели и полученные теоретические и экспериментальные результаты исследований могут быть использованы при развитии технологий и систем охлаждения энергетического оборудования с применением двухфазных термосифонов. Результаты диссертационных исследований позволяют развивать технологии применения каскада термосифонов.

Достоверность результатов обеспечивается подробным анализом погрешностей измерений при проведении экспериментальных исследований с использованием методов математической статистики, сопоставлением результатов математического моделирования и экспериментальных исследований, а также тестированием результатов исследований с известными данными других авторов.

Личный вклад автора диссертации состоит в проведении экспериментальных исследований по регистрации температуры в разных сечениях термосифона, а также в разработке математической модели, отличающейся от известных учетом термогравитационной конвекции и фазовых превращений в зонах испарения и процесса кондукции в зоне конденсации при тепловых потоках, соответствующих условиям работы энергонасыщенного оборудования, создании программных кодов, сравнительном анализе теоретических и экспериментальных данных, оценке адекватности результатов исследований.

Анализ содержания диссертации и автореферата дает основание для формулирования **замечаний и рекомендаций:**

1. В первой главе диссертации известные результаты исследований коллег России, Украины, Белоруссии, Италии, Великобритании, Индии, Китая и др. прокомментированы довольно кратко и без акцента на то, как связана каждая из рассмотренных работ с задачами настоящей диссертационной работы. Недостаточно критического анализа с акцентом на цель и задачи диссертационной работы соискателя. Как правило, современное состояние исследований отражается в диссертации для объяснения ниши, которую закрывает диссертант в своей работе.
2. После прочтения статей соискателя и в целом научного коллектива становится понятно, что диссертант использовал стенд, который создавался для выполнения группы научных проектов и проведения исследований в рамках нескольких диссертационных работ. Целесообразно было более акцентированно расписать этап планирования экспериментов с пояснением причин выбора конструкции стенда, расположения элементов, выбора материала блоков, размещения датчиков и другие особенности в сравнении с установками, используемыми другими исследователями.
3. Практически все рисунки с экспериментальными данными содержат кривые, построенные при обработке трех экспериментальных точек. Такой подход требует обоснования. Обычно кривые строят по 5–6 точкам (минимум). При использовании трех экспериментальных точек для получения кривых странными выглядят флуктуации значений функции между точками. Каковы их физические причины?
4. Целесообразно пояснить причину применения уравнений движения в переменных «функция тока – вихрь скорости». Такой подход имеет ряд сложностей и его применение, как следствие, довольно ограничено.
5. В качестве основного результата диссертационной работы указана созданная математическая модель, которая, с одной стороны, проще известных, с другой стороны, учитывает группу факторов и эффектов, которые не учитывают другие модели. В диссертации не хватает пошагового

сравнения результатов теоретических исследований с данными моделирования, полученными другими авторами, при добавлении и исключении из рассмотрения каждого из факторов и эффектов. Такой подход позволил бы наглядно показать условия и границы значимости каждого из факторов и эффектов и обосновать целесообразность упрощения или усложнения соответствующих моделей.

6. Вопросы применения каскада термосифонов в реальной практике целесообразно было рассмотреть при сравнении с 2-3 другими техническими решениями и обосновать предлагаемое решение на основе технико-экономического и энергетического анализа! Пока остается довольно много вопросов о границах применимости предлагаемого решения.
7. В тексте встречается достаточно много опечаток в знаках препинания, что затрудняет чтение и понимание ряда предложений.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы А.Е. Нурпейиса.

По теме диссертации автором опубликованы более 20 работ, из них 5 – в рецензируемых изданиях из списка ВАК («Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов», «Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики», «Вестник ТюмГУ. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика») и 11 – в рецензируемых изданиях, индексируемых базами Scopus («Matec Web of Conference», «EPJ Web of Conference»). Получены 2 патента на полезную модель. Результаты исследований докладывались на всероссийских и международных конференциях, перечисленных в автореферате и рукописи диссертации.

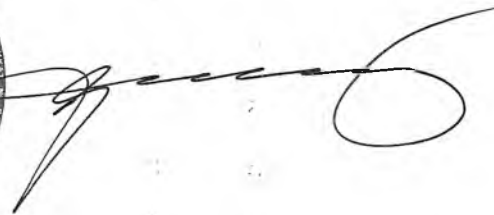
Диссертационная работа А.Е. Нурпейиса удовлетворяет требованиям п.п. 8-9 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете (Приказ № 93/од от 06.12.2018) и является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей

существенное значение в области повышения эффективности работы двухфазных термосифонов, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика».

Дополнительный член диссертационного совета ДС.ТПУ.18,
профессор НОЦ И.Н. Бутакова
Инженерной школы энергетики
Национального исследовательского
Томского политехнического университета,
доктор физико-математических наук, профессор
(01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника)
Стрижак Павел Александрович



Подпись П.А. Стрижака заверяю
Ученый секретарь Национального
исследовательского Томского
политехнического университета
Ананьева Ольга Афанасьевна



почтовый адрес 634034, г. Томск, ул. Усова, 7, учебный корпус № 8, ауд. 263

электронный адрес pavelspa@tpu.ru

номер телефона +7 (3822) 606-102, 701-777, вн. 1910

5 ноября 2019 г.