

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспертной комиссии диссертационного совета ДС.ТПУ.04 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по предварительному рассмотрению диссертации Войтковой Ксении Артуровны на тему «Испарение капли воды с шероховатых нагретых поверхностей сплавов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

«30» июня 2022 года

Экспертная комиссия диссертационного совета ДС.ТПУ.04 в составе:

Председатель: Тюрин Юрий Иванович - доктор физико-математических наук, профессор, профессор отделения экспериментальной физики ИЯТШ, Национальный исследовательский Томский политехнический университет;

Члены комиссии:

Орлов Алексей Алексеевич - доктор технических наук, профессор, профессор отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ, Национальный исследовательский Томский политехнический университет;

Гвоздяков Дмитрий Васильевич - кандидат технических наук, доцент, доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ, Национальный исследовательский Томский политехнический университет;

Половников Вячеслав Юрьевич - доктор технических наук, доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ, Национальный исследовательский Томский политехнический университет;

Заворин Александр Сергеевич - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой - руководитель научно-образовательного центра И.Н. Бутакова, на правах кафедры, ИШЭ, Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

утвержденная распоряжением № 167-1/р от 16.06.2022 г., рассмотрев диссертацию Войтковой Ксении Артуровны на тему «Испарение капли воды с шероховатых нагретых поверхностей сплавов» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, выполненную в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ) в рамках специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, установила, что соискателем решена задача охлаждения теплонагруженной поверхности оборудования каплями

жидкостей, заключающаяся в установлении основных характеристик процесса испарения капли воды с шероховатой нагретой поверхности сплавов и формулировке математической модели, описывающей процесс теплопереноса в капле.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка используемой литературы, включающего 145 наименований. Диссертация изложена на 120 страницах, включает 11 таблиц, 35 рисунков.

Комиссия провела проверку и установила идентичность текста диссертации, представленной в диссертационный совет на бумажном носителе, тексту диссертации в электронном варианте в формате *.pdf. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты.

Комиссия, предварительно рассмотрев диссертацию Войтковой Ксении Артуровны «Испарение капли воды с шероховатых нагретых поверхностей сплавов», пришла к выводу о соответствии указанной диссертации требованиям пп. 2.1–2.5 «Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете», утвержденного приказом ФГАОУ ВО НИ ТПУ от 28 декабря 2021 г. № 362-1/од.

1. Соответствие темы и содержания диссертации научной специальности и отрасли науки

Тематика диссертации посвящена исследованию процесса испарения капли воды с шероховатых нагретых поверхностей сплавов.

Целью работы являлось установление в результате экспериментального исследования и математического моделирования возможности управления процессом охлаждения локальных участков нагретых поверхностей элементов конструкции энергонасыщенного оборудования специальной обработкой этих участков и последующем осаждением на эти участки капель испаряющихся при нагреве жидкостей.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решены следующие задачи:

1. Установлены режимы испарения капель воды с шероховатых нагретых поверхностей подложек.

2. Разработана автономная замкнутая математическая модель процесса теплопереноса в испаряющейся с нагретой поверхности подложки капле жидкости.

3. Определены по результатам экспериментального исследования и математического моделирования скорости испарения и температуры капель воды при их испарении с нагретой поверхности подложки.

4. Установлено влияние наночастиц в капле воды на характеристики ее испарения с поверхностей подложек.

В диссертации информация представлена логично и структурировано, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты в области теплофизики и теоретической теплотехники. Работа имеет фундаментальную и практическую значимости. Текст диссертации оригинален (доля оригинальности составляет более 84 %) и написан автором самостоятельно. В материалах диссертации и автореферате не содержится сведений ограниченного распространения, работа может быть опубликована в открытой печати.

По тематике, объектам и области исследования, сформулированным автором новым научным положениям, научной и практической значимости представленная диссертационная работа полностью соответствует формуле научной специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника (физико-математические науки):

«Теплофизика и теоретическая теплотехника – область науки, включающая теоретические и экспериментальные исследования свойств веществ в жидком, твердом и газообразном состоянии при наличии всех видов тепло- и массообмена во всем диапазоне температур и давлений, магнитную гидродинамику электропроводных сред, неоднородные аэродисперсные системы, теплофизику низкотемпературной плазмы, теорию подобия теплофизических процессов, теоретическую и техническую термодинамику, теорию фазовых переходов при горении в гетерогенных системах, численное и натурное моделирование теплофизических процессов в природе, технике и эксперименте, расчет и проектирование нового теплотехнического оборудования».

Диссертация также соответствует пункту паспорта специальности (области исследований):

1. Фундаментальные, теоретические и экспериментальные исследования молекулярных и макросвойств веществ в твердом, жидком и газообразном состоянии для более глубокого понимания явлений, протекающих при тепловых процессах и агрегатных изменениях в физических системах.

2. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени, и выполнение требований к публикациям основных научных результатов диссертации, предусмотренных пунктами 2.3 и 2.4 Порядка присуждения ученых степеней в НИ ТПУ

Основные материалы диссертации опубликованы в 6 работах, в том числе 3 в высокорейтинговых международных рецензируемых научных журналах, индексируемых базами данных Scopus и Web of Science и 3 статьи

опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов кандидатских диссертаций.

По представленному перечню собственных публикаций автора можно сделать заключение о том, что основные положения диссертации достаточно полно изложены в опубликованных соискателем работах и апробированы на научных конференциях. Требования к опубликованию основных научных результатов диссертации выполнены в полном объеме.

3. Выполнение соискателем пункта 2.5 Порядка присуждения ученых степеней в НИ ТПУ

Анализ текста диссертации, публикаций соискателя и списка использованных источников позволяют сделать вывод о том, что в диссертации заимствованные материалы и отдельные результаты исследований приводятся со ссылками на источники заимствования или авторов. Требования п. 2.5 полностью соблюдены.

Ссылки на библиографические источники, включая собственные публикации соискателя, оформлены в соответствии с требованиями стандарта, а библиографический список характеризует высокий уровень проработки автором рассматриваемого в работе научного направления.

4. Основные публикации, раскрывающие результаты и положения, выносимые на защиту

4.1 По результатам экспериментальных исследований установлено, что при обработке поверхности подложки из алюминиевого сплава шлифовальной машиной, шлифовально-полировальными дисками и лазерным излучением выполняется условие нерастекания капли воды – более 90 % времени своего существования капля воды испаряется в режиме постоянного контактного диаметра (пиннинг контактной линии).

– Zaitsev D.V. Prediction of water droplet behaviour on aluminium alloy surfaces modified by nanosecond laser pulses / D.V. Zaitsev, K.A. Batishcheva, G.V. Kuznetsov, E.G. Orlova // Surface and Coating Technology. – 2019. –V. 399. – p. 126206.

– Zaitsev D.V. Effect of mechanical polishing of aluminium alloy surfaces on wetting and droplet evaporation at constant and cyclically varying pressure in the chamber / D.V. Zaitsev, K.A. Batishcheva, G.V. Kuznetsov, E.G. Orlova, O.A. Kabov // Journal of material Science. – 2021. – V. 56. – p. 20154-20168.

– Батищева К.А. Испарение капель воды в изолированной от внешней среды камере / К.А. Батищева, А.Е. Нурпейис // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2020. – Т. 6, № 3 (23). – С. 8-22

4.2 Установлено, что при испарении капле воды с полистирольными частицами (при концентрации 0,025 %) на нагретой поверхности подложек образовывались твердые осадки в виде колец. После добавления полистирольных частиц с характерными размерами 50 нм, 100 нм или 1000 нм в дистиллированную воду условие нерастекания капли воды с частицами объемной концентрацией 0,025% выполняется как на шероховатых, так и на относительно гладких поверхностях подложек из алюминиевого сплава.

– Batishcheva K.A. Evaporation of colloidal droplets from aluminium-magnesium alloy surfaces after laser-texturing and mechanical processing / K.A. Batishcheva, G.V. Kuznetsov, E.G. Orlova, Yu.N. Vympina // *Colloids and Surfaces A*. – 2021. – V. 629. – p. 127301.

– Батищева К.А. Влияние способа обработки алюминиево-магниевого сплава на структуру кольцевых осадков, формирующихся при испарении капель коллоидных растворов / К.А. Батищева, Ю.Н. Вымпина // *Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева*. – 2021. – Т. 77, № 1. – С. 15-18.

– Батищева К.А. Влияние лазерной обработки поверхности алюминиево-магниевого сплава на «самосборку» наночастиц при испарении капель коллоидных растворов / К.А. Батищева, Ю.Н. Вымпина, Е.Г. Орлова // *Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика*. – 2021. – Т. 7, № 1(25). – С. 26-43.

4.3 Сформулирована математическая модель теплопереноса в испаряющейся с поверхности твердого тела капле, в которой локальные скорости испарения рассчитывались в явном виде с использованием математического выражения закона Герца-Кнудсена. По результатам математического моделирования установлено, что температуры испаряющейся капли охлаждающей жидкости могут быть в течение достаточно длительного времени существенно ниже (на 10-15 %) температур поверхностей теплонагруженных элементов. Перепад температур по угловой координате испаряющейся с нагретой от 313 К до 343 К поверхности подложки капли воды может достигать 35 К. Последнее приводит к существенному снижению (более чем в 10 раз) локальных скоростей испарения капли охлаждающей жидкости при увеличении угловой координаты от $\varphi = 0^\circ$ (контактная линия) до $\varphi = 90^\circ$ (точка, соответствующая максимальной толщине капли). Результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований иллюстрируют возможность управления процессами охлаждения локальных нагретых до высоких температур участков поверхностей элементов конструкции энергонасыщенного оборудования при специальной обработке этих участков и последующем осаждении на эти участки капель испаряющихся при нагреве жидкостей.

- Zaitsev D.V. Prediction of water droplet behaviour on aluminium alloy surfaces modified by nanosecond laser pulses / D.V. Zaitsev, K.A. Batishcheva, G.V. Kuznetsov, E.G. Orlova // Surface and Coating Technology. – 2019. –V. 399. – p. 126206.
- Zaitsev D.V. Effect of mechanical polishing of aluminium alloy surfaces on wetting and droplet evaporation at constant and cyclically varying pressure in the chamber / D.V. Zaitsev, K.A. Batishcheva, G.V. Kuznetsov, E.G. Orlova, O.A. Kabov // Journal of material Science. – 2021. – V. 56. – p. 20154-20168.
- Батищева К.А. Испарение капель воды в изолированной от внешней среды камере / К.А. Батищева, А.Е. Нурпейис // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2020. – Т. 6, № 3 (23). – С. 8-22

В качестве официальных оппонентов диссертационной работы Войтковой Ксении Артуровны на тему «Испарение капли воды с шероховатых нагретых поверхностей сплавов» экспертная комиссия рекомендует:

1. Бубенчикова Алексея Михайловича, доктора физико-математических наук, профессора кафедры теоретической механики механико-математического факультета ФГАОУ ВО НИ «Томский государственный университет», г. Томск;
2. Чиннова Евгения Анатольевича, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника Лаборатории интенсификации процессов теплообмена Института Теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск.

В качестве дополнительных членов диссертационного совета ДС.ТПУ.04 экспертная комиссия рекомендует:

1. Ивашкину Елену Николаевну, доктора технических наук, профессора отделения химической инженерии ФГАОУ ВО НИ Томского политехнического университета, г. Томск;
2. Мамонтова Геннадия Яковлевича, доктора физико-математических наук, профессора отделения автоматизации и робототехники Инженерной школы информационных технологий и робототехники, профессора ФГАОУ ВО НИ Томского политехнического университета, г. Томск.

Заключение

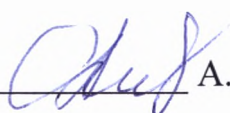
Тема и содержание диссертационной работы Войтковой Ксении Артуровны «Испарение капли воды с шероховатых нагретых поверхностей сплавов» соответствует научной специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника. Материалы диссертации в полной мере изложены в работах, опубликованных соискателем ученой степени. Выполнены требования к публикациям основных научных результатов диссертационной работы, предусмотренные пунктами 2.3 и 2.4 Порядка присуждения ученых степеней,

утвержденного приказом по Национальному исследовательскому Томскому политехническому университету от 28 декабря 2021 г. № 362-1/од.

В диссертации отсутствуют материалы, заимствованные без ссылок на авторов и источники заимствования, а также результаты научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок на соавторов. Автореферат отражает содержание диссертационной работы.

На основании вышеизложенного комиссия считает возможным принять диссертацию Войтковой Ксении Артуровны «Испарение капли воды с шероховатых нагретых поверхностей сплавов» к защите в совете ДС.ТПУ.04 на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Председатель диссертационного совета
ДС.ТПУ.04, профессор отделения
экспериментальной физики ИЯТШ ТПУ,
доктор физико-математических наук,  Ю.И. Тюрин
профессор

Заместитель председателя диссертационного
совета ДС.ТПУ.04, профессор отделения
ядерно-топливного цикла ИЯТШ ТПУ,  А.А. Орлов
доктор технических наук, профессор.

Ученый секретарь диссертационного совета
ДС.ТПУ.04, доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ
ТПУ, кандидат технических наук.  Д.В. Гвоздяков

Доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ,
доктор технических наук  В.Ю. Половников

Заведующий кафедрой - руководитель
научно-образовательного центра И.Н.
Бутакова на правах кафедры, ИШЭ ТПУ,  А.С. Заворин
доктор технических наук