

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по науке и
стратегическим проектам
Национального исследовательского
Томского политехнического
университета

И.Б. Степанов

2023г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Диссертация «Испарение неоднородных капель жидкостей в условиях интенсивного нагрева» по специальности 1.4.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» выполнена в Научно-образовательном центре И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В период подготовки диссертации соискатель Керимбекова Сусанна Александровна работала в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» в должности инженера Инженерной школы энергетики.

В 2022 году окончила аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия».

Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2022 году федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Тема диссертационной работы утверждена на заседании Теплоэнергетической секции Научно-технического совета Инженерной школы энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» от «22» сентября 2023 г., протокол № 9.

Научный руководитель: Стрижак Павел Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, основное место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Инженерная школа энергетики, НОЦ И.Н. Бутакова, профессор, назначен приказом по организации № 41-3/с от «10» февраля 2020 г.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Общая характеристика работы

Диссертация Керимбековой Сусанны Александровны представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены результаты экспериментальных исследований, совокупность которых можно квалифицировать как новые научные достижения в области испарения капель многокомпонентных жидкостей (растворов, суспензий, эмульсий) в условиях интенсивного нагрева и определения их компонентного состава при распылении. Полученные экспериментальные и теоретические результаты и сформулированные выводы обладают единством изложения. Оформление и стиль написания диссертации отвечают требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Актуальность темы исследования

В процессе распыления топливных суспензий и эмульсий, огнетушащих и других технологических жидкостей крайне важно контролировать распределение компонентов в струе и иметь возможность оценки его влияния на характеристики испарения. Определение компонентного состава структуры неоднородных капель суспензионного топлива дает возможность прогнозирования условий их испарения, зажигания и горения с учетом эффектов их разделения и измельчения. В настоящее время в научной литературе недостаточно данных экспериментальных исследований, направленных на определение компонентного состава распыленных капель жидкости и оценки их влияния на характеристики испарения капель. Пока не разработаны адаптивные методики определения состава неоднородных капель в процессе их распыления. Недостаточно экспериментальных данных о скоростях прогрева и испарения капель воды с типичными примесями и добавками при различных схемах и темпах нагрева. Это обусловлено тем, что для соответствующих процессов характерны высокие скорости и довольно большая совокупность разнонаправленно влияющих факторов: размеры капель, концентрации основных компонентов, добавок и примесей, температура жидкости и газовой среды, подводимый тепловой поток, схема нагрева и др. Для разработки адекватных моделей необходимы экспериментальные данные, которые можно получить при комбинированном применении контактных и бесконтактных методов регистрации параметров многофазных и многокомпонентных систем.

Связь работы с научными программами и грантами

Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта Министерства науки и высшего образования № 075-15-2020-806 (в консорциуме вузов и институтов РАН, возглавляемом Институтом теплофизики СО РАН). Тема диссертации соответствует приоритетному направлению развития науки в Российской Федерации «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика».

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

Личный вклад состоит в постановке и планировании экспериментальных исследований, разработке методик, проведении экспериментов, обработке результатов, оценке неопределенностей измерений, анализе и обобщении полученных результатов, разработке рекомендаций по практическому использованию результатов, формулировке защищаемых положений и выводов.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность полученных результатов подтверждается оценкой систематических и случайных погрешностей. Эксперименты проводились с использованием современных средств регистрации теплофизических параметров с малыми погрешностями. Для каждого набора исходных данных по условиям эксперимента проводилась серия опытов. Определены систематические и случайные погрешности.

Новизна результатов проведенных исследований

Разработана методика прогнозирования значений скорости испарения жидкостного аэрозоля с учетом известных значений скорости испарения одиночных капель. Определены диапазоны изменения скоростей испарения капель воды с типичными (растворимыми и нерастворимыми) примесями и добавками при различных схемах нагрева с доминированием конвективного, радиационного, кондуктивного или смешанного теплообмена. Установлено влияние типа и концентрации примесей и добавок, схемы и темпа нагрева, температуры внешней среды, теплового потока на характеристики испарения капель. Предложен подход к прогнозированию скорости испарения капель при известных теплофизических и реологических характеристиках их состава. Получены аппроксимационные выражения в безразмерном виде, связывающие скорости испарения жидкости с концентрациями и свойствами примесей и добавок. Предложенный подход к определению компонентного состава неоднородных капель жидкостей обеспечивает возможность одновременной регистрации совокупности параметров: размеры капель, скорость их движения, дисперсность аэрозоля, температуры капель и газовой среды и др.

Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов

Полученные экспериментальные результаты и сформулированные при их математической обработке выражения, связывающие скорости прогрева и испарения с входными параметрами, являются основой для разработки и модернизации высокотемпературных газопарокапельных технологий (теплоносители на базе дымовых газов, капель и паров воды; размораживание сыпучих сред; термическая и огневая очистка жидкостей; полидисперсное пожаротушение; горение суспензионных, жидких и эмульсионных топлив; очистка теплонагруженных поверхностей), а также развития и совершенствования разработанных ранее. Предложен универсальный подход к определению компонентного состава неоднородных капель жидкостей в составе спреев при разных условиях теплообмена, отличающийся от известных применением комбинации бесконтактных методов регистрации (теневая фотография, лазерно-индуцированная флуоресценция, интерферометрия).

Апробация результатов исследования

Основные положения и результаты диссертационных исследований докладывались и обсуждались на научных мероприятиях:

1. Шестнадцатая всероссийская (восьмая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2021», г. Иваново 7.04.2021 г.

2. XXII Всероссийская научная конференция с международным участием «Сопряженные задачи механики реагирующих сред, информатики и экологии», г. Томск, 12-14 октября 2021 г.;

3. III International Scientific Conference «Sustainable and Efficient Use of Energy, Water and Natural Resources», г. Санкт-Петербург, 19-24 апреля 2021 г.;

4. XVIII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук», г. Томск, 27–30 апреля 2021 г.;

5. XXVII Международный научный симпозиум студентов, аспирантов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», г. Томск, 3-7 апреля 2023 г.;

6. Всероссийская конференция «XXXIX Сибирский теплофизический семинар», г. Новосибирск, 28-31 августа 2023 г.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Результаты диссертационных исследований опубликованы в 5 печатных работах, в том числе 3 – в международных рецензируемых журналах, индексируемых базами данных «Scopus» и «Web of Science». Основные результаты представлены в статьях:

1. Керимбекова С.А., Волков Р.С., Стрижак П.А. Влияние концентрации капель воды в аэрозольном облаке на скорости их испарения // Письма в Журнал технической физики. – 2021. – Т. 47, № 22. – С. 28-32 (из перечня ВАК).

2. Kerimbekova S.A., Islamova A.G. Shlegel N.E., Strizhak P.A. Droplet-droplet, droplet-particle, and droplet-substrate collision behavior // Powder Technology. – 2022. – V. 403. – Article number 117371 (входит в базы данных Scopus и Web of Science).

3. Kerimbekova S.A., Kuznetsov G.V., Volkov R.S., Strizhak P.A. Identification of Slurry Fuel Components in a Spray Flow // Fuel. – 2022. – V. 323. – Article number 124353 (входит в базы данных Scopus и Web of Science).

4. Kerimbekova S.A., Kuznetsov G.V., Dorokhov V.V., Vershinina K.Y., Romanov D.S., Strizhak P.A. Composite Liquid Biofuels for Power Plants and Engines: Review // Energies. – 2023. – V. 16, Article number 5939 (входит в базы данных Scopus и Web of Science).

5. Керимбекова С.А., Волков Р.С., Стрижак П.А. Влияние примесей в каплях суспензий, эмульсий и растворов на скорости их испарения // Письма в Журнал технической физики. – 2023. – Т. 49, вып. 20. – С. 3-7 (из перечня ВАК).

Соответствие содержания диссертации избранной специальности

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует паспорту специальности «1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника»:

- формуле специальности

Экспериментальные и теоретические исследования по теплофизике и теоретической теплотехнике имеют целью – установление связей между строением веществ и их феноменологическими свойствами, обоснование методов расчета термодинамических и переносных свойств в различном агрегатном состоянии, выявление механизмов переноса массы, импульса и энергии при конвекции, излучении, сложном теплообмене и физико-химических превращениях, обоснование и проверку методов интенсификации тепло- и массообмена и тепловой защиты.

- направлениям паспорта специальности

1. Экспериментальные исследования, физическое и численное моделирование процессов переноса массы, импульса и энергии в многофазных системах и при фазовых превращениях.

2. Разработка научных основ и создание методов интенсификации процессов тепло- и массообмена и тепловой защиты.

Диссертация «Испарение неоднородных капель жидкостей в условиях интенсивного нагрева» Керимбековой Сусанны Александровна рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Заключение принято на заседании Теплоэнергетической секции Научно-технического совета Инженерной школы энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Присутствовало на заседании 8 чел. – очно, 0 чел. – онлайн.

Участвовало в голосовании 7 членов НТС.

Результаты голосования: «за» – 7 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

Протокол № 9 от «22» сентября 2023 г.

Профессор научно-образовательного центра совета И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики председатель теплоэнергетической секции научно-технического совета ИШЭ ТПУ

 Г. В. Кузнецов

Секретарь Научно-технического совета Инженерной школы энергетики ТПУ

 С.В. Филимонова

Подписи Кузнецова Г. В. и Филимоновой С. В. Заверяю

Ученый секретарь Ученого совета ТПУ



Е. А. Кулинич