

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 05.03.04 ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК**

от «26» ноября 2020 г. № 11

о присуждении Аль-Джанаби Акрам Хамзах Абед, гражданство Республики Ирак, ученой степени кандидата технического наук.

Диссертация «Интенсификация теплообмена энергетического оборудования АЭС с использованием водовоздушного аэрозоля» по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации принята к защите диссертационным советом УрФУ 05.03.04 «16» октября 2020 г. протокол № 10.

Соискатель, Аль-Джанаби Акрам Хамзах Абед, 1982 года рождения;

в 2014 г. окончил ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ» по направлению подготовки 140100 Теплоэнергетика и теплотехника;

с 20.10.2017 г. обучается в очной аспирантуре ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению 14.06.01 Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии (Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации), предполагаемый срок окончания аспирантуры – 31.08.2021 г.;

работает в должности инженера-исследователя лаборатории Евроазиатского центра возобновляемой энергетики и энергосбережения ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Диссертация выполнена на кафедре атомных станций и возобновляемых источников энергии Уральского энергетического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

4

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Щеклеин Сергей Евгеньевич, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Уральский энергетический институт, кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Морозов Андрей Владимирович – доктор технических наук, доцент, АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», г. Обнинск, Отделение ядерной энергетики, лаборатория № 19, ведущий научный сотрудник;

Назаров Александр Дмитриевич, доктор технических наук, ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, лаборатория проблем энергосбережения, ведущий научный сотрудник;

Купряжкин Анатолий Яковлевич, доктор физико-математических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра технической физики, профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 20 работ, из них 11 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК и Аттестационным советом УрФУ, включая 10 статей в зарубежных изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 8,38 п.л., авторский вклад – 4,51 п.л.

Основные публикации по теме диссертации:

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК и Аттестационным советом УрФУ:

5

1. **Abed A. H.** Heat transfer of a spherical element with air-water aerosol in a cylindrical channel / A. H. Abed, S. E. Shcheklein, V. M. Pakhaluev // Thermophysics and Aeromechanics. – 2020. – V.27, №. 1. – P. 105-115, 0.69 п.л / 0.23 п.л. (WOS, Scopus).

2. **Abed A. H.** Experimental Investigation In Improving Thermal Performance Of Passive Heat Removal System Using Mist Assisted Evaporative Cooling / A. H. Abed, S. E. Shcheklein, V. M. Pakhaluev // Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences. –2020. – V.69, №.1. – P. 98-109, 0.75 п.л / 0.52 п.л. (Scopus)

3. **Abed A. H.** Numerical and Experimental Investigation of heat transfer and flow structures around three heated spheres in tandem arrangement / A. H. Abed, S. E. Shcheklein, V. M. Pakhaluev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – V. 791. – P. 012002, 0.5 п.л / 0.3 п.л. (Scopus)

4. **Abed A. H.** An experimental investigation on the transient heat transfer characteristics using air/water droplets two-phase flow / A. H. Abed, S. E. Shcheklein, V. M. Pakhaluev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – V. 791. – P. 012001, 0.5 п.л / 0.3 п.л. (Scopus).

5. **Abed A. H.** Heat transfer intensification in emergency cooling heat exchanger of nuclear power plant using air-water mist flow /A. H. Abed, S. E. Shcheklein, V. M. Pakhaluev // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zawedeniy, Yadernaya Energetika. – 2019. – V.3. – P. 16-27, 0.45 п.л / 0.15 п.л. (Scopus).

6. **Абед А.Х.** Водовоздушное аэрозольное охлаждение рядов из цилиндрических элементов в прямоугольном канале / А.Х. Абед, С.Е. Щеклеин, В.М. Пахалуев // Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). – 2019. – №. 28-33. – P. 63-72, 0.63 п.л / 0.21 п.л.

7. **Abed A. H.** Numerical simulation and experimental investigation of heat transfer and flow structures around heated spherical bluff bodies / A. H. Abed, S. E. Shcheklein, V. M. Pakhaluev // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V.1333. – P. 032002, 0.37 п.л / 0.27 п.л. (Scopus)

6

8. Abed A. H. On the possibility to improve heat transfer of a sphere by natural convection and water mist / A. H. Abed, V. Klimova, S. E. Shcheklein, V. M. Pakhaluev // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V.1382. – P. 012124, 0.45 п.л / 0.15 п.л. (Scopus)

9. Abed A. H. Investigation of heat transfer coefficient of spherical element using infrared thermography (IR) and gas - water droplets (mist) as working medium / A. H. Abed, S. E. Shcheklein, V. M. Pakhaluev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – V. 481. – P. 012033, 0.45 п.л / 0.15 п.л. (WOS, Scopus)

10. Abed A. H. Experimental investigation of hydrodynamics and heat transfer of sphere cooling using air/water mist two phase flow / A. H. Abed, S. E. Shcheklein, V. M. Pakhaluev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – V. 552. – P. 012001, 0.6 п.л / 0.36 п.л. (Scopus)

11. Abed A. H. Investigation of hydrodynamic characteristics of laminar flow condition around sphere using PIV system / A. H. Abed, S. E. Shcheklein // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015. – P. 032001, 0.6 п.л / 0.36 п.л. (WOS, Scopus)

На автореферат поступили отзывы от:

1. **Зайнуллина Лика Анваровича**, доктора технических наук, профессора, Генерального директора ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники» (ОАО "ВНИИМТ"), г. Екатеринбург. Содержит замечания, касающиеся использования неоднозначной терминологии и результатов, представленных на рисунке 16 (стр. 19 автореферата).

2. **Дьякова Александра Андреевича**, доктора технических наук, Эксперта Отдела научного и инновационного развития АО «ИНСТИТУТ РЕАКТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ», г. Заречный Свердловской обл. Без замечаний.

7

3. **Каверзнева Михаила Михайловича**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры атомных электрических станций ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский институт "МЭИ", г. Москва. Содержит замечания по графику, приведенному на стр. 19 автореферата; рекомендациям об использовании малорядных конструкций, которые сложно реализовать на практике; отсутствию качественной оценки эффекта занижения значений сопротивления двухфазной среды.

4. **Тучкова Андрея Михайловича**, кандидата технических наук, заместителя главного инженера по производственно-техническому обеспечению и качеству филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Белоярская атомная станция», г. Заречный Свердловской обл. Содержит замечания к отсутствию информации об измерительных системах и точности произведенных измерений; и вопрос о влиянии на безопасность и надежность АЭС рекомендуемой системы охлаждения.

5. **Барбина Николая Михайловича**, доктора технических наук, профессора, ведущего научного сотрудника ФГБОУ ВО «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», г. Екатеринбург. Без замечаний.

6. **Шанчурова Сергея Михайловича**, доктора технических наук, профессора, советника генерального директора по науке ЗАО «Региональный центр лазерных технологий», г. Екатеринбург. Содержит замечания об отсутствии данных по использованным методам оценки погрешности полученных результатов.

7. **Чамовских Юрия Васильевича**, заместителя генерального директора по проектно-конструкторской работе АО «СвердНИИХиммаш», г. Екатеринбург. Содержит замечание, касающееся недостаточной информации о сравнении массовой доли капель жидкости на входе потока в канал и выходе из него.

8

Выбор официальных оппонентов обосновывается широкой известностью их достижений и исследований в области ядерных энергетических установок, наличием публикаций в ведущих рецензируемых изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические решения, способствующие повышению эффективности работы систем охлаждения энергетических аппаратов при использовании водовоздушного потока, получаемого путем впрыскивания небольшого количества микрокапель воды (аэрозоля) в поток воздуха, имеющие существенное значение для развития страны.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

- Проведены экспериментальные исследования по гидродинамике и теплообмену перспективных энергетических аппаратов на примере взаимодействия с водовоздушным потоком отдельного шарового элемента и рядов из шаровых элементов, а также цилиндрических элементов в каналах различной конфигурации.
- Разработан и создан экспериментальный стенд для исследования вынужденного/свободного конвективного теплообмена и гидравлического сопротивления одиночного шарового элемента и рядов из шаровых элементов в среде водовоздушного аэрозольного потока.
- Разработан и создан экспериментальный стенд для исследования вынужденного нестационарного конвективного теплообмена между

водовоздушным аэрозольным потоком и одиночным шаровым элементом.

- Разработан экспериментальный стенд для исследования вынужденного и свободного конвективного теплообмена и гидравлического сопротивления цилиндрических элементов (трубного пучка) с водовоздушным потоком.
- Проведен численный анализ модели теплообмена и структуры течения при обтекании потоком воздуха в условиях вынужденной и естественной конвекции рядов из шаровых элементов, расположенных в цилиндрическом канале с помощью программного комплекса ANSYS – FLUENT.
- Выполнены построение и анализ физической модели взаимодействия капель водовоздушного аэрозольного потока с нагретой шаровой и цилиндрической поверхностями в каналах.
- Получены критериальные зависимости, содержащие основные теплофизические и режимные параметры, для проведения инженерных расчетов теплообменных установок с водовоздушными аэрозольными потоками.

Предлагаемые технические решения могут быть использованы для повышения эффективности работы системы пассивного отвода тепла (СПОТ) и сухих градирен (СГ) для АЭС, работающих в условиях жаркого и сухого климата. Помимо АЭС и ТЭС предлагаемая технология охлаждения может найти применение на других промышленных объектах с теплообменными установками, использующими системы воздушного охлаждения.

Значимость полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- Установлено совместное влияние скорости набегающего водовоздушного потока и содержания капельной влаги в потоке на интенсивность теплообмена в диапазоне $2500 \leq Re < 12500$ и $20 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$

60

$1 \leq j \leq 110 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{ч}^{-1}$. Причем с ростом числа Re влияние степени орошения потока на теплообмен значительно возрастает.

- Проанализировано влияние впрыска микро-капель воды в поток воздуха (в воздушной среде), создаваемый при естественной конвекции нагретыми элементами в каналах. Коэффициент теплоотдачи в этом случае был в 1,5-2,7 раза выше, чем при охлаждении воздушной средой в зависимости от температуры поверхности элементов и количества впрыскиваемой в поток воды.
- Разработанная физическая модель течения и осаждения капель воды на поверхности позволила оценить условия образования на ней пленки воды и долю теплообменной составляющей в общем значении коэффициента теплоотдачи.
- Коэффициент гидравлического сопротивления водовоздушного аэрозольного потока в каналах с охлаждаемыми элементами незначительно превышает соответствующий параметр при однофазном течении воздушного потока (менее чем на 6%) для всего диапазона интенсивностей орошения воздуха водой, что говорит о высокой теплогидравлической эффективности аэрозольного охлаждения.
- Полученные критериальные уравнения теплообмена можно рекомендовать к использованию в инженерных расчетах с водовоздушным аэрозольным потоком в качестве охлаждающей среды.
- Проведенные расчёты технологических процессов в объектах ядерной техники с водовоздушным аэрозольным потоком показали, что предлагаемая гибридная система охлаждения приводит к:
 - повышению отводимой мощности системой аварийного расхолаживания САРХ-ВТО реактора на быстрых нейтронах в 2-2,8 раза по сравнению с охлаждением воздухом в широком диапазоне температур окружающей среды;
 - повышению эффективности системы охлаждения оборотной воды на примере модели сухих градирен АЭС, по сравнению с обдувом

воздушным потоком в условиях постоянной температуры окружающей среды;

- повышению эффективности отвода тепла при сухом хранении отработавшего ядерного топлива в 1,5-3,5 раза по сравнению с охлаждением одним воздухом.

На заседании 26 ноября 2020 г. диссертационный совет УрФУ 05.03.04 принял решение присудить Аль-Джанаби Акрам Хамзах Абед ученую степень кандидата технических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет УрФУ 05.03.04 в количестве 14 человек, из них в удаленном интерактивном режиме – 3, в том числе 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, воздержались – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета
УрФУ 05.03.04

 Козлов Александр Владимирович

Ученый секретарь
диссертационного совета
УрФУ 05.03.04



 Ташлыков Олег Леонидович

26.11.2020 г.