

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Альмохаммеда Омара Абдулхади Мустафы «Разработка энергосберегающей технологии вакуумной дистилляции воды с применением теплового насоса и солнечного коллектора»**, представленную на соискание ученой степени кандидат технических наук по специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика».

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа посвящена решению одной из актуальных проблем, связанных с дефицитом пресной воды в мире, и особенно в странах Ближнего Востока. Основываясь на данные Глобального альянса по опреснению воды, предположительно к 2025 году почти 1,8 млрд. человек во всем мире будут испытывать острый дефицит пресной воды. Одним из перспективных, но в то же время малоизученных, направлений, является создание теплонасосных установок опреснения воды с применением технологий вакуумной дистилляции, позволяющих сократить использование невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов и сократить выбросы парниковых газов в атмосферу.

Общая характеристика диссертации

Диссертационная работа характеризуется четко сформулированной целью исследования, заключающейся в исследовании закономерностей получения дистиллированной воды, и изучении возможности их применения в промышленности. Для достижения поставленной цели, автором на основании большого объема проведенных теоретических и экспериментальных исследований, предложены технологические решения использования теплонасосных установок для повышения энергоэффективности систем дистилляции воды. В работе присутствуют как анализ, так и сравнение результатов исследований с известными данными из научно-технической литературы.

Во введении рассмотрена общая постановка проблемы, обоснована актуальность, указаны объект и предмет исследования. Диссертантом сформулированы цель, основные задачи, представлена научная новизна, показана теоретическая и практическая значимость полученных результатов и представлены положения, выносимые на защиту. **Первая глава** включает обзор литературы по темам, связанным с очисткой и дистилляцией воды. В этой главе рассмотрены методы очистки воды путем химической или физической обработки. **Во второй главе** диссертации представлены схема, описание и математическое моделирование процессов тепло- и массопереноса в разрабатываемой системе дистилляции воды с использованием теплового насоса. Система дистилляции, разрабатываемая в диссертации, включает в себя тепловой насос и солнечный коллектор в качестве источника

тепловой энергии. **Третья глава** посвящена результатам расчета процессов тепло- и массопереноса в конденсаторе теплового насоса. **В четвертой главе** выполнены теоретические и практические исследования процессов тепло- и массопереноса дистилляции воды с применением теплового насоса и солнечного коллектора производились на лабораторном стенде. Результаты проведенных исследований представлены в виде графических зависимостей влияния отношений давления P_c/P_e на основные параметры работы дистилляционной системы. **В заключении** сформулированы результаты и выводы по диссертации.

Оформление и содержание диссертации в целом отвечает требованиям ГОСТ Р 7.011-2011. Диссертацию Альмохаммеда О.А.М. отличает четкость, ясность, последовательность и единство изложения материала. Диссертация написана современным научным языком, что положительно квалифицирует соискателя как исследователя. В состав диссертации из 170 страниц входят введение, 4 главы, заключение, список использованной литературы из 150 наименований и два приложения. Автореферат диссертации изложен на 16 страницах. Его содержание соответствует основным положениям и структуре диссертации и позволяет оценить цель и задачи исследования, научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы.

Цель и задачи, поставленные в диссертации, в целом реализованы. Работа прошла широкую апробацию, ее результаты доложены на конференциях различного уровня, представлены в 9 публикациях, в том числе в 2 изданиях рекомендованных ВАК и 3 статьях в журналах Scopus. По теме диссертации получено 2 патента на изобретение, написана 1 статья в сборнике научной конференции и 1 статья в сборнике научного семинара.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Основные научные положения, выводы и рекомендации, приведенные в диссертации, обоснованы, сформулированы с учетом современного уровня знаний и опираются на результаты экспериментальной оценки. Достоверность научных положений не вызывает сомнений, так как они получены с использованием современных методов исследований, подвергнуты статистическому анализу и хорошо согласуются с известными экспериментальными и расчетными данными других авторов. Представленные в работе исследования проведены с применением эффективных физических методов анализа и сертифицированного оборудования. Достоверность результатов и выводов обеспечена в результате воспроизводимых и многократно повторенных экспериментов, которые позже были подтверждены на практике при проведении опытно-промышленных испытаний.

Обработка экспериментальных данных осуществлена с применением передового компьютерного программного обеспечения.

Научная новизна диссертации

Основные положения научной новизны, соответствующей уровню диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, грамотно сформулированы в диссертации и автореферате. Научная новизна рассматриваемой диссертационной работы заключается в получении технических и технологических решений, направленных на снижение энергетических затрат на единицу продукции при производстве опресненной воды. Впервые предложены и обоснованы зависимости влияния отношения давления фреона в конденсаторе и в испарителе теплового насоса на массовый расход дистиллируемой воды и величину затрат энергии на дистилляцию. Определен интервал отношения давления фреона в конденсаторе к давлению фреона в испарителе теплового насоса (2,25-6), при котором в теплонасосной дистилляционной системе эффективен подвод тепла от внешнего источника энергии в виде солнечного теплового коллектора. Получены зависимости, описывающие влияние дополнительного подвода тепла от солнечного коллектора на коэффициенты преобразования как горячей, так и холодной стороны теплового насоса, влияющие на экономию энергетических ресурсов при дистилляции воды. Считаю, что работа Альмохаммеда О.А.М. в полной степени обладает новизной, а результаты выполненных теоретических исследований могут применяться в дальнейшей практической деятельности.

Теоретическая и практическая значимость диссертации

Теоретическая значимость диссертации заключается в математическом описании последовательных тепло-массообменных процессов испарения и конденсации воды в вакууме, и введении нового комплексного параметра в виде отношения давления фреона в конденсаторе и испарителе теплового насоса, позволяющего проводить теоретическую оценку энергетической эффективности функционирования дистилляционных систем с использованием теплонасосных преобразователей энергии.

Главная практическая ценность диссертации заключается в разработке нового, энергосберегающего способа вакуумного теплонасосного опреснения воды с применением внешнего подвода тепла от солнечного коллектора, способствующего экономии энергетических ресурсов. Создан экспериментальный стенд для физического моделирования процессов теплопереноса при вакуумной теплонасосной дистилляции воды, который является прототипом для создания промышленных установок опреснения воды с применением тепловых насосов. Также получены эмпирические данные для проведения расчетных работ при проектировании установок для опреснения воды методом вакуумной теплонасосной дистилляции. Определены рациональные режимные параметры

работы дистилляционной системы, позволяющие достигнуть максимальное энергосбережение в процессах опреснения воды. Усовершенствована конструкции конденсатора и испарителя теплового насоса за счет использования продольных ребер. Новизна разработанных технических решений подтверждена патентами РФ на изобретение № 2723858 «Устройство для опреснения воды» от 30.06.2019 г и № 2743154 «Градирия низкого давления для дистилляции воды» от 15.02.2021.

Личный вклад автора

Личный вклад автора является определяющим и заключается в формулировке основных идей и решении задач теоретического, экспериментального и прикладного характера. При непосредственном участии автора создан экспериментальный стенд и проведены экспериментальные исследования процессов теплопереноса, протекающих при вакуумной теплонасосной дистилляции воды.

Вопросы и замечания по работе

1. Как отношение давлений влияет на массовый расход хладагента?
2. Как изменится потребление энергии вакуумным насосом при повышении температуры воды внутри емкости для неочищенной воды, где конденсатор отводит тепло?
3. Какова основная причина использования теплового насоса в этой дистилляционной установке?
4. Исследовалось ли автором влияние запыленности воздуха (что может быть актуально для условий Ирака) на производительность солнечного коллектора? Для процесса дистилляции в условиях недостаточного поступления солнечного излучения требуется дополнительная энергия от внешних источников. Оценивалась ли энергоэффективность и КПД установки в данном случае?
5. Одним из важнейших параметров для определения тепловой эффективности различных энергоустановок является теплогидравлический параметр (отношение параметра интенсификации теплообмена к гидравлическим потерям). Проводились такие оценки в работе?
6. В диссертации приведены данные по сравнению срока окупаемости разработанной промышленной системы дистилляции с традиционными системами дистилляции воды, т.е. проведено экономическое обоснование использования подхода, разработанного диссертантом, но были ли сделаны сравнения по тепловой эффективности и КПД процесса дистилляции?

Сделанные замечания не носят принципиального характера, не снижают теоретического и практического значения работы, не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и не ставят под сомнение ее выводы.

Заключение

Анализ диссертационной работы, автореферата и опубликованных работ показывает, что диссертация **Альмохаммеда Омара Абдулхади Мустафы «Разработка энергосберегающей технологии вакуумной дистилляции воды с применением теплового насоса и солнечного коллектора»** соответствует паспорту специальности 05.14.04–«Промышленная теплоэнергетика» по пунктам 3–5. Представленная **Альмохаммедом Омар Абдулхади Мустафа** диссертация является законченной научной квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований представлены научно обоснованные технические и технологические разработки по созданию новых материалов, что соответствует пп. 9–14 положения «О присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ.

Считаю, что диссертационная работа по объему, новизне и значимости удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, **Альмохаммед Омар Абдулхади Мустафа** заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук, профессор РАН, Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, Должность: Ведущий научный сотрудник лаборатории термогазодинамики ИТ СО РАН.



Пахомов Максим Александрович

«__08_» апреля 2022 г.

Адрес: 630090, Новосибирск, пр. Лаврентьева, д. 1.

E-mail: pakhomov@ngs.ru; pakhomov@itp.nsc.ru

http://www.itp.nsc.ru/structura/nauchnye_porazdeleniya/22_laboratoriya_termogazodinamiki.html

Тел.: 8(383)316-53-36

Я, Пахомов Максим Александрович, даю согласие на включение персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Альмохаммед Омар Абдулхади Мустафа, и их дальнейшую обработку.

 / Пахомов Максим Александрович

«_08_» апреля 2022 г.

Подпись Пахомова Максима Александровича
удостоверяю.

Ученый секретарь ИТ СО РАН

к.ф.-м.н.

«_08_» апреля 2022 г.



М.С. Макаров