ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 2021.2
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 28.06.2021 г. № 3

О присуждении **Амер Ахмед Элсайед Абделкафи Абделаал**, гражданину Арабской Республики Египет, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности систем аккумулирования теплоты в солнечных системах теплоснабжения республики Египет» по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика принята к защите 26.04.2021 г., протокол № 2 диссертационным советом ГУ 2021.2 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2, приказ ректора Горного университета от 15.04.2021 №756 адм.

Соискатель, **Амер Ахмед Элсайед Абделкафи Абделаал**, 1987 года рождения. В 2015 г. окончил магистратуру в университете Порт-Саида (Арабская Республика Египет) с присвоением степени магистр наук. В 2021 году соискатель освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре очной формы обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, диплом об окончании аспирантуры получен в 2021 г.

Диссертация выполнена на кафедре теплотехники и теплоэнергетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель - кандидат технических наук, профессор **Лебедев Владимир Александрович,** федеральное государственное

бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, кафедра теплотехники и теплоэнергетики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Кожемякин Вячеслав Вячеславович - доктор технических наук, доцент, кафедра судовой ядерной и водородной энергетики, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», заведующий кафедрой;

Рябова Татьяна Владимировна - кандидат технических наук, факультет энергетики и экотехнологий, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», доцент, руководитель образовательной программы;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **Открытое Акционерное Общество «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова»,** г. Санкт-Петербург в своем положительном отзыве, подписанном Сухоруковым Юрием Германовичем, кандидатом технических наук, председателем НТС, заместителем генерального директора по научной работе – заведующим отделением теплообменного и схемного оборудования ТЭС и АЭС, Колпаковым Сергеем Поликарповичем, доктором технических наук, профессором, заведующим аналитическим отделом, Балуновым Борисом Фёдоровичем, доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником аналитического отдела и утверждённом доктором технических наук, профессором Михайловым Владимиром Евгеньевичем, генеральным директором, указала, что практическое значение представленных результатов подтверждается актом внедрения практических результатов исследования в проектно-конструкторскую деятельность предприятия «Spasnish for engineering work», результаты диссертационных исследований могут быть

использованы в проектной и конструкторской документации при разработке систем аккумулирования теплоты, при выполнении научно-исследовательских работ в области повышения эффективности теплоэнергетических систем.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 8 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus; получен 1 патент. Общий объем – 2,75 печатных листов, в том числе 1,5 печатных листа — соискателя.

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. **Амер, А.Э**. Влияние термоциклирования на выбор рабочего тела с фазовым переходом для теплоаккумуляторов систем солнечного теплоснабжения/ А.Э. Амер, В.А. Лебедев // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. Т. 24. № 3. С. 570–581.

Личный вклад автора диссертационного исследования заключался в проведении анализа характеристик известных теплоаккумулирующих материалов с фазовым переходом и в изучении влияния основных эксплуатационных параметров (термоциклирование, недостаточная долговременная стабильность, фазовая сегрегация, коррозия, переохлаждение) на теплофизические и эксплуатационные свойства этих материалов.

2. **Амер, А. Э**. Выбор материалов с фазовым переходом с использованием метода анализа иерархий (МАИ)/ А. Э. Амер, К. Рахмани, В. А. Лебедев // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. — № 6 (96) Часть 1. — С. 35—48. — URL: https://research-journal.org/technical/vybor-materialov-s-fazovym-perexodom-s-ispolzovaniem-metoda-analiza-ierarxij-mai / (дата обращения: 29.11.2020.) (МБДиСЦ GeoRef)

Личный вклад автора диссертационного исследования заключался в разработке иерархической факторно-критериальной модели выбора ФТАМ и им предложена методика выбора теплоаккумулирющего материала для аккумулирования солнечной тепловой энергии. Результаты показали, что наиболее подходящим материалом с фазовым переходом является парафин.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и системы цитирования (Scopus):

3. Lebedev, V. A. Limitations of using phase change materials for thermal energy storage/ V. A. Lebedev, **A. E. Amer** // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 378. No. 1. P. 012044.

Личный вклад автора диссертационного исследования заключался в определении основных критериев выбора материалов с фазовым переходом для систем термоаккумулирования, проведен анализ влияния таких свойств, как температура плавления и скрытая теплота на выбор материала.

4. **Amer, A.E.** Numerical Investigations on Latent Heat Storage Unit using Phase Change Material/ A.E. Amer, V. A. Lebedev // Journal Physics Conference Series. 2020. Vol. 1565. No. 1. P. 012099.

Личный вклад автора диссертационного исследования заключался в разработке математической модели поведения теплоаккумулирующего материала и проведении исследования с использованием ANSYS FLUENT, а также автором доказана адекватность модели сопоставлением с экспериментальными результатами.

5. **Amer, A. E.** Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method for selection of phase change materials for solar energy storage applications/ A. E. Amer, K. Rahmani, V. A. Lebedev // Journal Physics Conference Series. 2020. Vol. 1614. No. 1. P. 012022.

Личный вклад автора диссертационного исследования заключался в разработке метода выбора материала с фазовым переходом для аккумулирования тепловой энергии с использованием многокритериального подхода теории принятия решений.

Публикации в прочих изданиях:

6. **Amer, A.E.A**. Thermal Energy Storage by Using Latent Heat Storage Materials/ A.E.A. Amer, V. Lebedev // International Journal of Scientific& Engineering Research. 2018. Vol. 9(5), P.1442-1447.

Личный вклад автора диссертационного исследования заключался в рассмотрении основных методов и принципов аккумулирования тепловой энергии, их применения для анализа основных типов материалов с фазовым переходом и возможности их использования в системах аккумулирования теплоты в солнечных энергетических установках.

7. Лебедев, В.А. Проблема накопления и сохранения тепловой энергии в теплоэнергетике. Состояние и пути решения/ В.А. Лебедев, **А. Амер** // Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса: Сб. науч. Трудов II Всероссийской науч. конф. (г. Санкт-Петербург, 27–28 сент. 2018 г.). Санкт-Петербург, 2018. С. 929–935.

Личный вклад автора диссертационного исследования заключался в анализе проблемы аккумулирования теплоты при фазовых переходах, сопровождающих нагрев и охлаждение рабочего тела.

8. **Amer, A.E.** Numerical Investigations on Latent Heat Storage Unit using Phase Change Material/ A.E. Amer, V. A. Lebedev // В сборнике: Thermophysics and Power Engineering in Academic Centers, TPEAC-2019. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. 2019. С. 24-25.

Личный вклад автора диссертационного исследования заключался в проведении численного моделирования вертикального кожухотрубного теплоаккумулятора с поперечным оребрением. Приведена проверка адекватности численной модели сопоставлением с экспериментальными данными.

Патенты на изобретения:

1. Патент на полезную модель № 202 391 Российская Федерация. МПК F24H 7/00, F24D 11/002. Аккумулятор теплоты с фазовым переходом: № 2020139947: заявл. 04.12.2020 : опубл. 16.02.2021. бюллетень полезные модели. № 5 / Амер А. Э. А. А., Лебедев В.А. // заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». – 7 с

Личный вклад автора диссертации заключается в разработке конструкции горизонтального теплоаккумулятора, имеющего разветвленную систему продольных ребер.

В диссертации **Амер Ахмед Элсайед Абделкафи Абделаал** отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Апробация диссертационной работы проведена на научно-практических мероприятиях, в том числе: на II Всероссийской научной конференции «Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса» (г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет, 27 - 28 сентября 2018); на Международном семинаре «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2019» (г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет , 24-27 апреля 2019); на Всероссийской научной конференции с международным участием «XI Семинар ВУЗов по теплофизике и энергетике» (г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), 21-23 октября 2019); на международной научной конференции «Энергоменеджмент муниципальных образований и устойчивые энергетические технологии - EMMFT 2019» (г. Воронеж, Российская Федерация, 10-13 декабря 2019).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: профессора кафедры «Теоретические основы теплотехники» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», д.т.н., профессора **В. В. Бухмирова**; проректора-директора Санкт-Петербургского филиала АНО ДПО «Техническая академия Росатома», к.т.н. **Д.Ю. Новикова**; заведующего кафедрой физики федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-морского флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации, д.т.н., профессора **Л.Б. Гусева**; главного научного сотрудника федерального государственного унитарного предприятия «Крыловский государственный научный центр», д.т.н., профессора **С.М. Рубанова.**

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность выбранной темы, высокая степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако в некоторых из них имеются замечания:

1. В математическом описании движения и теплообмена в аккумулирующем тепловую энергию парафине отсутствует постановка граничных условий, включая граничное условие на движущейся границе при плавлении и затвердевании рабочего тела (д.т.н. В. В. Бухмиров);

2. В автореферате решена частная задача влияния на время фазового перехода геометрии теплопередающей поверхности для теплоаккумулятора заданной конструкции. Для использования полученных результатов в теплообменниках другой производительности необходимо представить результаты исследования в критериальном виде следуя требованиям теории подобия (д.т.н. В. В. Бухмиров);

3. В работе отсутствует комплексная оценка энергетической эффективности теплоаккумулятора при совместной работе с гелиоустановкой (д.т.н. В. В. Бухмиров);

4. По-видимому, в работе не исследовался вопрос о влиянии материала ребер на процессы теплообмена в ТА, хотя теплопроводность материала ребер явно влияет на теплообмен и на процессы плавления и застывания рабочего тела (к.т.н. Д.Ю. Новиков);

5. В работе исследовалась эффективность влияния ребер на теплообмен в теплоаккумуляторе. А почему не определены такие показатели эффективности оребрения, как коэффициент оребрения и КПД ребра? (к.т.н. Д.Ю. Новиков);

6. Из автореферата не понятен термин «мягкая зона» (стр. 14). Он означает жидкое состояние рабочего тела, а м.б. – это смесь жидкой и твердой фаз? (к.т.н. Д.Ю. Новиков);

7. Условное обозначение β используется и для обозначения доли расплавленного материала в единице объема (6) и для обозначения коэффициента объёмного расширения, что затрудняет восприятие полученных результатов (д.т.н. Л.Б. Гусев);

8. Уравнение (9) - скорость умножается на ускорение свободного падения. Необходимо уточнение размерности входящих величин, т.к. возможно нарушение размерности составляющих формулы (д.т.н. Л.Б. Гусев);

9. В качестве замечания следует отметить, что из автореферата не понятно, почему принят фиксированный объем ребер при исследовании влияния количества ребер на процессы тепломассобмена в теплоаккумуляторе с поперечным размещением ребер, что вызывает сомнение в толковании полученных результатов (д.т.н. С.М. Рубанов).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в соответствующей отрасли науки и наличием у них публикаций в сфере исследования, а также широкой известностью ведущей организации своими достижениями по соответствующей теме исследования отрасли наук и способностью определить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана численная модель поведения теплоаккумулирующего материала в вертикальном кожухотрубном тепловом аккумуляторе, позволяющая исследовать темпы плавления и застывания рабочего тела при изменении параметров оребрения теплопередающей поверхности аккумулятора;

предложен метод выбора материала с фазовым переходом для систем аккумулирования теплоты, позволяющий выбирать материал с фазовым переходом на основе разработанного комплекса критериев и иерархической факторно-критериальной модели;

предложена конструктивная схема теплоаккумулятора с продольными разветвленными ребрами, защищенная патентом на полезную модель, позволяющая повысить эффективность процессов теплопередачи по сравнению с конструкцией теплоаккумулятора с традиционными продольными ребрами;

доказана перспективность использования предложенного метода, позволяющего выбора теплоаккумулирующего материала для аккумулирования теплоты;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны основные положения комплекса критериев и иерархической факторно-критериальной модели для обоснованного выбора материалов с фазовым переходом в качестве рабочих тел тепловых аккумуляторов;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования, в т.ч. методы системного анализ и принятия решений, численных методов, а также методов расчета с применением стандартных программных пакетов; исследование

включало применение двумерных CFD-моделей с использованием программного обеспечения ANSYS FLUENT;

изложены основные принципы иерархической факторно-критериальной модели выбора материалов с фазовым переходом для аккумулирования теплоты в системах солнечного теплоснабжения с обоснованием разработанных критериев выбора и их весов для каждого альтернативного варианта;

обоснованы существенные принципы выбора рабочих тел, основанные на качественном и количественном анализе их свойств, определяющие эффективность их применения в тепловых аккумуляторах;

изучено влияние геометрических характеристик рёбер на теплофизические характеристики тепловых аккумуляторов;

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

разработаны и внедрены практические результаты исследования в проектно-конструкторской деятельности предприятия «Spanish for engineering works» (акт внедрения практических результатов исследования в проектно-конструкторской деятельности предприятия «Spanish for engineering works»);

определены перспективы использования методики выбора теплоаккумулирующего материала с фазовым переходом на основе иерархической факторно-критериальной модели;

создана система практических рекомендаций по конструированию и расчёту эксплуатационных параметров разработанных теплоаккумуляторов с фазовым переходом;

представлены обоснования и рекомендации по дальнейшему совершенствованию систем аккумулирования теплоты для промышленных предприятий.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием стандартных методик измерения;

теория построена на проверяемых данных и фактах, согласующихся с опубликованными в открытом доступе данными других исследователей и ученых по теме диссертации, валидность полученных результатов подтверждена экспериментально;

идея базируется на повышении эффективности систем аккумулирования теплоты в солнечных системах теплоснабжения за счёт использования материалов с фазовым переходом в качестве рабочих тел тепловых аккумуляторов;

использовано сравнение полученных автором результатов с аналогичными данными, полученными ранее другими исследователями;

установлено, что результаты, полученные соискателем, не противоречат результатам исследований других авторов, отраженных в научно-технических трудах, опубликованных в открытой печати;

использованы современные методы обработки полученных результатов.

Личный вклад автора состоит в постановке цели и задач исследования, в проведении анализа методов аккумулирования энергии, в анализе достигнутых результатов в области систем аккумулирования теплоты с использованием фазовых переходов, в анализе характеристик известных теплоаккумулирующих материалов с фазовым переходом и изучении влияния основных эксплуатационных параметров, таких как термоциклирование, недостаточная долговременная стабильность на теплофизические и эксплуатационные свойства этих материалов, в разработке метода выбора теплоаккумулирющего материала на основе разработанных критериев и иерархической модели, в разработке математической модели поведения теплоаккумулирующего материала с использованием ANSYS FLUENT и доказательстве её адекватности

экспериментальным исследованиям. В исследовании и получении результирующих зависимостей темпов плавления и застывания ФТАМ в зависимости от параметров оребрения вертикального кожухотрубного теплоаккумулятора, в проведении анализа влияния эксплуатационных и конструктивных факторов на время плавления и застывания рабочего тела. В разработке и получении результирующих зависимостей исследований процессов плавления и застывания ФТАМ в оригинальной запатентованной конструкции горизонтального теплоаккумулятора, имеющего разветвленную систему продольных ребер.

На заседании 28.06.2021 года диссертационный совет принял решение присудить **Амер Ахмед Элсайед Абделкафи Абделаал** ученую степень кандидата технических наук за решение важной научно-технической задачи: повышение эффективности систем аккумулирования теплоты в солнечных системах теплоснабжения республики Египет на основе разработанной численной модели рабочих тел, использующих теплоту фазового перехода.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 9 – докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 11 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 10, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета Яковлев Павел Викторович

Ученый секретарь
диссертационного совета Юшкова Екатерина Александровна

28.06.2021 г.