

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА**  
Д212.052.06, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДАГЕСТАНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА  
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 19.12.2018 №02-18

О присуждении Каримову Марат Шайдоллаулы, гражданину Республики Казахстан ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Гелиоэнергетическая холодильная установка повышенной эффективности на основе термотрансформатора с модернизированным генератором-адсорбером» по специальности 05.04.03 - Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники, систем кондиционирования и жизнеобеспечения принята к защите «18» октября 2018 г. (протокол заседания №2) диссертационным советом Д212.052.06 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дагестанский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 367015, Республика Дагестан, город Махачкала, проспект Имама Шамиля 70, совет утвержден Приказом Рособнадзора от 13.02.2009г. №147-45, перерегистрирован приказом Минобрнауки РФ № 1123/нк от 03.09.2015г.

Соискатель Каримов Марат Шайдоллаулы, 1972 года рождения, в 1994 г. окончил Институт нефти и газа Атырауского университета по специальности 0909 - «Бурение нефтяных и газовых скважин»; с 2012 по 2015 гг. являлся соискателем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный технический университет», Федеральное агентство по рыболовству; работает старшим преподавателем кафедры «Программная

инженерия» Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова», Министерство образования и науки Республики Казахстан.

Диссертация выполнена на кафедре «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный технический университет», Федеральное агентство по рыболовству.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Руденко Михаил Федорович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет», кафедра «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология», профессор кафедры.

#### **Официальные оппоненты:**

Бараненко Александр Владимирович - доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», (Университет ИТМО), советник при ректорате, Заслуженный деятель науки РФ и Базаев Эмиль Ахмедович - кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем геотермии», Дагестанского научного центра Российской академии наук, ведущий научный сотрудник дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Генераловым Михаилом Борисовичем, профессором, д.т.н., заведующим кафедрой «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств», Лауреатом Государственной премии СССР,

Заслуженным деятелем науки РФ, и утвержденном ректором Миклушевским Владимиром Владимировичем, д.т.н., профессором указала, что диссертация Каримова М.Ш. представляет собой законченное научное исследование, содержащее решение актуальной задачи, характеризующееся теоретической новизной и практической полезностью. Материал диссертационной работы в рамках поставленной задачи изложен логично и аргументировано, его оформление выполнено в соответствии с существующими нормами. Основное содержание диссертации достаточно полно отражено в опубликованных работах и автореферате. В заключении отмечено, что диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.03 - машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники, систем кондиционирования и жизнеобеспечения.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 17 работ (общий объем 5,84 п.л., авт. вклад – 2,115 п.л.): опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования (Scopus) – 2, в соавторстве - 2 (общий объем 1,1 п.л., авт. вклад – 0,38 п.л.); статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК- 3, в соавторстве - 3 (общий объем 1,425 п.л., авт. вклад – 0,49 п.л.); статьи по материалам всероссийских и международных конференций – 6, в соавторстве - 5 (общий объем 1,685 п.л., авт. вклад – 0,995 п.л.); патент РФ на полезную модель № 126894 в соавторстве.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Каримов, М.Ш. Моделирование и разработка конструкции генератора-адсорбера экологически безопасной гелиоэнергетической холодильной установки / Ю.В.Шипулина, М.Ш.Каримов, М.Ф.Руденко //

Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 2013. - №2. - С. 36-41. (0,6/0,2 п.л.).

2. Каримов, М.Ш. Повышение эффективности работы гелиоэнергетического термотрансформатора / М.Ш.Каримов, М.Ф.Руденко, Ю.В.Шипулина // Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 2016. - №3. - С. 31-35. (0,5/0,18 п.л.).

3. Каримов, М.Ш. Аналитические исследования концентраторов солнечной энергии с поглощающей поверхностью треугольной формы для морских и береговых энергетических комплексов / Ю.В.Шипулина, М.Ф.Руденко, М.Ш.Каримов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2012. – №1. – С.135-140. (0,6/0,2 п.л.).

4. Каримов, М.Ш. Методика определения тепловых нагрузок на реактор генератора-адсорбера гелиоэнергетической холодильной установки / Ю.В.Шипулина, М.Ш.Каримов, М.Ф.Руденко // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2013. – №1. – С.148-154. (0,7/0,25 п.л.).

5. Каримов, М.Ш. Методика расчета тепловых нагрузок на генератор-адсорбер гелиоэнергетического термотрансформатора / Ю.В.Шипулина, М.Ш.Каримов, М.Ф.Руденко // Геология, география и глобальная энергия. – 2014. - №3 (54). - С. 204-207. (0,125/0,04 п.л.).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

1) **Бараненко Александра Владимировича** - доктора технических наук, профессора, Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», (Университет ИТМО), советник при ректорате, Заслуженный деятель науки РФ (г.Санкт-Петербург).

Замечания: 1. Нестационарный поток энергии солнечной радиации изменяется как в пространстве, так и во времени. Автором принята

непрерывность функции потока с постоянными параметрами длительности в один час, за время солнечного сияния. Длительность в один час относительно большая и любые изменения погодных условий будут сказываться на энергетике тепловых параметров установки в течение этого времени. Эти изменения в работе не учитываются. 2. Предлагаемая модель реактора генератора-адсорбера, по определению доли изменения насыщенности рабочей пары (сорбента и хладагента) внутри аппарата, путем замеров внешней температуры его корпуса и расчета температурных градиентов и тепловых полей интересна и перспективна. Автором вводится коэффициент неравномерности распределения тепловой энергии в реакторе. Однако, допущения, принятые автором весьма существенные, он пренебрегает концевыми тепловыми эффектами конструкции реактора, а рассматривает только поперечное сечение аппарата. Поэтому на наш взгляд, коэффициенты предлагаемые автором по реакторам простой конструкции и с внутреннем оребрением будут несколько ниже, чем приведенные в работе. 3. Универсальны ли методики расчета тепловых нагрузок на гелиоприемные аппараты других типов холодильных установок, например, солнцеексплуатирующих установок «сухой» абсорбции? 4. Объем автореферата превышает рекомендуемый объем 1 п.л.

**2) Базаева Эмиля Ахмедовича** - кандидата технических наук, Федеральное государственное бюджетного учреждения науки «Институт проблем геотермии», Дагестанского научного центра Российской академии наук, ведущий научный сотрудник (г.Махачкала).

Замечания: 1. Недостатком данной диссертационной работы является множественность поставленных в ней задач: разработка генератора-адсорбера по оптическим и теплоэнергетическим моделям, моделирование реактора, поиск новых рабочих пар, испытание холодильной установки, оптимизация рабочих режимов. Поэтому некоторые задачи, например, модель реактора, решены в упрощенной форме. 2. В модели соотношение для расчета коэффициента теплоотдачи к наружному воздуху соответствует

турбулентному движению теплоносителя (стр.66), правомерно ли ее использование для исследования теплообмена между окружающим воздухом и стенкой. 3. Было бы желательно рассмотреть помимо исследованных рабочих пар (сорбентов и хладагентов) также и другие их типы, используемые на практике. В частности, более эффективным могут быть смеси полярных и неполярных хладагентов, например система углерод + спирт. 4. В работе не указано, каким образом осуществлялась обработка результатов измерений и их сопоставление с расчетными данными. 5. В диссертационной работе присутствуют неточности и опечатки: стр.73 в расшифровке формулы (2.21) опечатка в определении коэффициента температуропроводности насыщенной массы рабочей пары; стр.123 в формулах (4.3) и (4.4) одинаковыми символами обозначены средние температуры окружающей среды ( $T_{oc}$ )-в дневное и ночное время; стр.144 на рисунке 4.22 указаны номера позиций, но нет расшифровки их.

**3) Генералова Михаила Борисовича**, профессора, доктора технических наук, заведующего кафедрой «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств», Лауреата Государственной премии СССР, Заслуженного деятеля науки РФ. (г.Москва). (ведущая организация)

Замечания: 1. В написании нестационарного уравнения Фурье (2.21) на стр.73 диссертации автор допустил ошибку, коэффициент температуропроводности «а» входит в это уравнение в первой степени. 2. При построении математической модели процессов тепло- и массообмена (стр.73-74) делается допущение о квазистатическом развитии процесса массопереноса, что требует обоснования, так как оба процесса протекают совместно и для полного описания требуется совместное решение двух дифференциальных уравнений; в работе представлено только решение уравнения теплопроводности. 3. Первая и четвертая глава диссертации перегружены материалами, которые не имеют отношение к проведенному

исследованию. 4. Способствовало бы улучшению диссертации введение списка условных обозначений и сокращений.

**4. Юша Владимира Леонидовича**, доктора технических наук, заведующего кафедрой холодильная и компрессорная техника и технология, и **Карагусова Владимира Ивановича**, доктора технических наук, профессора кафедры холодильная и компрессорная техника и технология, ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет» (г. Омск).

Замечания: 1. Представленная математическая модель является двумерной, не учитывающей градиенты температур, теплопритоки и расход теплоносителя по длине реактора. 2. В представленной в автореферате математической модели не учитываются процессы теплообмена между реактором и охлаждаемой жидкостью. 3. В п.5 заключения автореферата непонятно, о каких областях использования и применения идет речь.

**5) Яковлева Павла Викторовича**, доктора технических наук, профессора, кафедры теплотехника и теплоэнергетика ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет» (г. Санкт-Петербург).

Замечания: 1. В формуле (7) последняя составляющая – часть энергии собственного излучения материала оболочки оценивается как потери, но не учитывается обратное прохождение этой энергии через стекло, которое в инфракрасном диапазоне поглощает большую часть этой лучистой составляющей. Таким образом, представляется, что: во-первых, уравнение будет более сложным, во-вторых, количество тепла, попадающего в гелиоприемник, несколько больше, рассчитанного по формуле (7). 2. В уравнение (14)  $q'$  является функцией температуры и времени, т.е.  $q'(T, \tau)$ . 3. В работе приведены результаты исследования двух типов гелиоприемников: простой и ребренной. Вероятно, это было необходимо отразить в научной новизне и практической значимости работы.

**6) Кожемяченко Александра Васильевича**, доктора технических наук, профессора, кафедры технические системы ЖКХ и сферы услуг,

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ФГБОУ ВО «Донского государственного технического университета» (г. Шахты).

Замечания: 1. В качестве недостатка следует отменить отсутствие в автореферате обоснования выбора для исследования рабочих пар АС-метиламин и АС-этиламин. 2. Отсутствия сведения об эффективности использования гелиоэнергетической холодильной установки в области ЖКХ, крестьянских (фермерских) хозяйствах.

**7) Лихтера Анатолия Михайловича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Общая физика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный университет». (г. Астрахань).

Замечание: На странице 16 в формуле (19) определения эксергетического коэффициента гелиоэнергетической холодильной установки стоит  $T_{oc}$  - температура окружающей среды. Из автореферата не понятно, как она определялась.

**8) Кульжанова Дюсенбека Утенгалиевича**, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой общей физики, Атырауского университета нефти и газа. (г. Атырау).

Замечаний нет.

**9) Цой Александра Петровича**, кандидата технических наук, доцента, профессора Алматинского технологического университета. (г. Алматы).

Замечание: исследование ориентировано на ресурсы и территорию Республики Казахстан, поэтому для применения гелиоэнергетических холодильных установок адсорбционного типа в Казахстане необходимо было бы провести оценку потенциала солнечного энергетического ресурса для всей территории, а не только для западных и южных регионов Республики и показать энергетическую эффективность в зависимости от региона.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетенцией, достижениями и научными

публикациями в области холодильной сорбционной техники, химического аппаратостроения и новых технологий.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

– **разработано** новое техническое решение, обогащающее научную концепцию по энергосберегающей технологии получения холода за счет преобразования энергии солнечной радиации в гелиоэнергетической холодильной установке на основе адсорбционного термотрансформатора с оптимальными геометрическими характеристиками генератора-адсорбера при минимизации тепловых потерь;

– **предложены** оригинальные суждения по предлагаемой методике в форме алгоритма аналитических зависимостей для расчета полезных тепловых нагрузок на гелиоэнергетическую холодильную установку, работающую от энергии солнечной радиации;

– **доказана** перспективность использования нового технического решения в практике создания и проектирования новых энергосберегающих систем охлаждения и кондиционирования;

– **приведены** результаты экспериментальных исследований и определены основные адсорбционные характеристики новых рабочих пар гелиоэнергетической холодильной установки АС-метиламин и АС-этиламин для структурных уравнений Дубинина-Радушкевича;

– **введено** понятие коэффициента неравномерности распределения тепловой энергии в реакторе, через который можно определять потери мощности гелиоэнергетической холодильной установки за счет нереализуемой массы насыщенного сорбента.

**Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:**

– **доказаны** положения, вносящие вклад в расширение представлений об энергосберегающих технологиях получения холода с помощью холодильных установок адсорбционного типа и расширяющие

границы применимости полученных результатов в современном машино- и аппаратостроении, касающиеся возможности создания новых систем для эффективного охлаждения, работающих в режиме суточного цикла;

– **применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, т.е. с получением обладающих новизной результатов) применены** апробированные расчетные методы и отдельные математические зависимости системного и статистического анализов, а также положения теории плоских зеркал, теплообмена, адсорбции, позволяющие разработать и исследовать модели. Моделирование теплофизических процессов в разработанных системах осуществлялось с использованием пакета прикладных программ MathCad, Elcut, Matlab. Натурные испытания экспериментальных установок проводились с использованием современных измерительных приборов;

– **изложены** аргументы и доказательства об использовании и применении новых рабочих пар активированный уголь (АС)-метиламин и АС-этиламин в гелиоэнергетических холодильных установках адсорбционного типа;

– **раскрыты** основы протекания теплофизических процессов в системах нагрева и охлаждения гелиоэнергетической холодильной установки на основе термотрансформатора адсорбционного типа, связанных с процессами нагрева, десорбции, охлаждения, адсорбции, кипения и конденсации в условиях суточного изменения температур и дневного действия энергии солнечной радиации;

– **изучены** возможности оптимизации конструкции генератора-адсорбера гелиоэнергетической холодильной установки за счет рационального соотношения площади раскрытия зеркал к поверхности корпуса реактора и применения внутреннего оребрения реактора;

– **проведена модернизация** методики проектирования технических средств для обеспечения энергосберегающих технологий

получения низких температур за счет использования энергии солнечной радиации и суточного перепада температур.

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

– **разработаны и внедрены**

**в учебный процесс** подготовки бакалавров и магистров на кафедрах энергетического профиля Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Астраханский государственный технический университет» учебно-методическое пособие «Методика расчета и построение графиков солнечной радиации»;

**в производство** станкостроительного завода ОАО «Астраханский станкостроительный завод» (г.Астрахань), разработанные модели, расчетные программы, методики расчета аппаратов гелиоэнергетических холодильных установок на известных и новых рабочих парах для проектирования эффективных систем охлаждения и замораживания;

– **определены** перспективы практического применения результатов работы на практике - в первую очередь, в организациях и учреждениях, занимающихся разработкой новой холодильной техники и аппаратов химического производства;

– **создана** расчетная модель гелиоэнергетической холодильной установки на основе термотрансформатора с усовершенствованной конструкцией генератора-адсорбера, которая может быть положена в дальнейшем в основу инженерных расчетов подобного рода установок и аппаратов;

– **представлены** рекомендации по применению и эксплуатации разработанных гелиоэнергетических холодильных установок для дальнейшего использования и применения в системах замораживания, аккумулирования льда, охлаждения и кондиционирования, в частности, используя значения расчетных термодинамических и эксергетических коэффициентов.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

– для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном, метрологически поверенном оборудовании: для проведения актинометрических измерений использован для дублирующих замеров комплекс АИК, разработанный фирмой ООО «Тайфун» (г.Обнинск), связанный с персональным ЭВМ, для термоэлектрических измерений – цифровые вольтметры В7-40; для измерения давлений цифровой манометр ДМ5002А с блоком питания БП-24, весовые замеры на цифровых весах MWP-3000Н и ЕТ-200В, натурные испытания опытных проводились на основе стандартных, общепризнанных методик в соответствии с действующими нормативными документами;

– теория построена на известных положениях и методах моделирования теплофизических и тепло-массообменных процессах, теории адсорбции и фазовых переходов, численных методах решения систем дифференциальных уравнений, теоретических термодинамических циклах работы адсорбционных термотрансформаторов и степени термодинамического совершенства систем охлаждения;

– идея базируется на анализе практики обобщения опыта разработок и применения новой энергетической техники, работающей от энергии солнечной радиации в странах с передовой технологий и техникой;

– использованы сравнения данных диссертационной работы с результатами аналогичных исследований в области создания эффективных гелиоэнергетических холодильных установок, поиска новых сорбционных материалов и хладагентов;

– установлено, что результаты экспериментальных исследований не противоречат данным, представленным в ведущих научных изданиях, а лишь дополняют их;

– использованы комплекс лицензионных специализированных программных средств по компьютерной обработке результатов моделирования, в частности пакет прикладных программ MathCad для

решения алгоритма уравнений, пакет программ Elcut для решения систем дифференциальных уравнений и построения моделей аппарата, Matlab для расчета программы и построения графиков изменения термодинамических и эксергетических коэффициентов при работе установки в различных тепловых режимах, а также приложения Power Point, Excel и Word базы Microsoft Office.

**Личный вклад** соискателя состоит в непосредственном участии:

1) при разработке общей концепции энергосберегающей технологии получения холода для Республики Казахстан с помощью гелиоэнергетических холодильных установок на основе термотрансформаторов адсорбционного типа и применения их для термоподготовки воды в рыбоводных хозяйствах;

2) в создании математических моделей генератора-адсорбера, описывающих оптические, теплоэнергетические и тепловые потоки в гелиоприемном элементе аппарата и реакторе, построенных на основе теории плоских зеркал, алгоритма уравнений распределения энергии солнечной радиации в аппарате и дифференциального уравнения теплопроводности Фурье;

3) в выполнении экспериментальной части диссертационной работы по определению адекватности разработанных оптических и теплоэнергетических моделей и получении научных положений, выносимых на защиту;

4) в определении адсорбционной способности новых рабочих пар активированный уголь (АС)-метиламин и АС-этиламин, в определении основных коэффициентов ( $D$  – энергии адсорбции,  $W^*$ - предельный объем адсорбционного пространства,  $n$ -показателя распределения размерности пор) для структурных уравнений Дубинина-Радушкевича;

5) в подготовке 17 научных работ, в том числе 2 – в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования; 5 – в рецензируемых

научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации.

На заседании 19 декабря 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Каримову Марату Шадоллаулы ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 12 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвующих в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета (из них дополнительно введено на разовую защиту – нет), проголосовали: за - 13, против - 0, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель

диссертационного совета

Исмаилов Тагир Абдурашидович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Евдулов Олег Викторович



19.12.2018г.