

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
24.2.347.04 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29 ноября 2024 протокол № 3

О присуждении Хоревой Валентине Александровне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа на тему «Эксергетическая эффективность технологий тригенерации на базе инсоляции юга Сибири» в виде рукописи по специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы, принята к защите 23 сентября 2024 г., протокол № 8, диссертационным советом 24.2.347.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования РФ, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №1343/нк от 24.10.2022 г.

Соискатель Хорева Валентина Александровна 1988 года рождения, в 2012 г. окончила с отличием Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 140100 – «Теплоэнергетика», выдан диплом, присуждена степень «Магистр». В 2024 году закончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 13.06.01 – Электро- и теплотехника, профиль Тепловые

электрические станции, их энергетические системы и агрегаты, период обучения: с 01.09.2019 г. по 31.08.2024 г.

С 2021 г. и по настоящее время, соискатель Хорева Валентина Александровна работает в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» в должностях ассистента (с 13.12.2021 по 15.11.2024 г.) и старшего преподавателя (с 16.11.2024 г. по настоящее время) на постоянной основе.

Диссертация выполнена на кафедре Тепловых электрических станций Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». Научный руководитель – Елистратов Сергей Львович, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», факультет «Энергетики», профессор кафедры Тепловых электрических станций.

Официальные оппоненты:

Алхасов Алибек Басирович, доктор технических наук, профессор, Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики, филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук, лаборатория энергетики, заведующий лабораторией;

Бубенчиков Антон Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», доцент;

дали положительный отзыв на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭМ СО РАН) в своем

положительном заключении, подписанном заведующим отделом теплосиловых систем ИСЭМ СО РАН, д.т.н., профессором Клером А.М., утвержденном временно исполняющим обязанности директора ИСЭМ СО РАН, профессором, академиком РАН Стенниковым В.А., указала, что диссертационная работа Хоревой Валентины Александровны является научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная проблема повышения эффективности использования возобновляемой солнечной энергии, имеющая существенное значение для энергетики РФ. Диссертация соответствует требованиям, установленным пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (ред. 25.01.2024) предъявляемым к кандидатским диссертациям, её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу по теме диссертации, из них, опубликованных согласно перечню российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (перечень ВАК) – 2, а также работ в научных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и/или Web of Science – 3, патент РФ на изобретение – 1, свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ – 1, работ в материалах всероссийских и международных конференций – 14. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты. Авторский вклад в опубликованные в соавторстве работы составляет не менее 60 %. Общий объем научных изданий – 4,56 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

Публикации в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных журналов (перечень ВАК):

1. **Хорева, В.А.** Исследование работы вакуумного солнечного коллектора для получения тепловой энергии в Новосибирске / В.А. Хорева,

С.Л. Елистратов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2022. – № 5 (139). – С. 23–28 (К2).

2. **Хорева, В.А.** Уточненная модель расчета потока солнечного излучения / В.А. Хорева // Международный технико-экономический журнал. – 2022. – № 4. – С. 44–56 (К3).

Публикации в изданиях, входящих в международную базу Scopus:

3. **Khoreva, V.A.** Saving equivalent fuel and reducing emissions when using thermal solar collectors in Southern Siberia / V. Khoreva // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East – 2022. – Vol. 73. – P. 351–358.

4. **Khoreva, V.** Mathematical simulation of the flux of the solar radiation coming to the collector / V. Khoreva, S. Elistratov, N. Vorogushina, I. Sadkin // Lecture Notes in Mechanical Engineering. International symposium on sustainable energy and power engineering. – 2022. – P. 207-215.

5. **Khoreva, V.A.** Exergy analysis of the potential of solar irradiation / V. A. Khoreva, S.L. Elistratov // Journal of Physics: Conference Series: 36 Siberian Thermophysical Seminar (STS 36) 5–7 Oct. 2020. –2020. – № 1677. – 6 p.

Результаты интеллектуальной деятельности:

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023688562. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 22 декабря 2023 г. / **В.А. Хорева**; заявитель ООО «Наше солнце».

7. Патент на изобретение №2819329. Дата государственной регистрации в Реестре изобретений 17 мая 2024 г. / **В.А. Хорева**; заявитель ООО «Наше солнце».

Другие основные публикации по теме диссертации:

8. **Хорева, В.А.** Эксергетический анализ АБХМ с низкими параметрами греющего источника / В.А. Хорева, С.Л. Елистратов // I Всероссийская научная конференция с международным участием – Красноярск 28-31 марта 2023. – С. 441–442.

9. **Хорева, В.А.** Система тригенерации на базе цикла Стирлинга и абсорбционного термотрансформатора / Хорева В.А., Елистратов С.Л., Чирцов Д.Ю // VIII Всероссийская научная конференция с элементами школы молодых учёных «Теплофизика и физическая гидродинамика». – Махачкала, 4–10 сентября 2023 г. – С. 169.

10. **Хорева, В.А.** Эксергетический анализ абсорбционных холодильных машин с низкими параметрами греющего источника / В.А. Хорева, С.Л. Елистратов // Наука. Технологии. Инновации. Сб. науч. тр. 15 Всерос. науч. конф. молодых ученых, посвящ. году науки и технологий в России – Новосибирск, 6–10 дек. 2021 г. – Ч. 4. – С. 298-301.

11. **Хорева, В.А.** Эксергетический анализ потенциала солнечной радиации / В.А. Хорева, С.Л. Елистратов // 36 Сибирский теплофизический семинар, посвящ. 70-летию академика С. В. Алексеенко. Всерос. конф. с элементами науч. шк. для молодых ученых : тез. докл. – Новосибирск, 5–7 окт. 2020 г. – С. 196.

На автореферат поступило 10 отзывов, все отзывы положительные:

1. Местников Николай Петрович, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова Сибирского отделения Российской академии наук, отдел электроэнергетики, ведущий инженер, указал, что по требованиям разработки модели функционирования или расчета различных параметров требуется обязательное наличие результатов проверки на достоверность и адекватность усовершенствованной модели; в любой предлагаемой технологии требуется наличие технико-экономической оценки от ее применения, а в автореферате не представлены результаты данной оценки.

2. Гайнуллина Лейсан Раисовна, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», кафедра «Инженерная экология и безопасности труда», доцент, отметила, что, на рисунке 2 возможно представлены и рыночные модели; на рисунках 2, 10 и 11 надписи слишком мелкие (нечитаемые); не ясно, каким образом получены формулы (1) и (2); не указан источник многолетних наблюдений.

3. Лукутин Борис Владимирович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Инженерная школа энергетики, профессор, отметил, что не ясно, как учитывается влияние облачности; опечатки в формуле (2); не ясно, чем обоснована мощность солнечной установки тригенерации на уровне 2-10 кВт.

4. Николаев Юрий Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина», кафедра «Тепловая и атомная энергетика» имени А.И. Андрющенко, профессор; Ларин Евгений Александрович, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина», кафедра «Тепловая и атомная энергетика» имени А.И. Андрющенко, профессор, отметили, что в автореферате диссертации недостаточно освещены вопросы учета режимов потребления электроэнергии, теплоты и холода за годовой период; ничего не сказано о необходимости включения в схему пикового источника; желательна экономическая оценка предлагаемой схемы тригенерации с определением капитальных и эксплуатационных затрат, показателей экономической эффективности: чистого дисконтированного дохода и срока окупаемости.

5. Стрижак Павел Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова, профессор, лаборатория тепломассопереноса, заведующий, указал, что в тексте автореферата целесообразно было бы полностью представить математическую модель расчета потока солнечной радиации и строго описать новизну относительно ранних работ; в автореферате не приведены обоснования выбора энергетических ресурсов; важно пояснить, чем обусловлено максимальное (верхнее) ограничение эксергетического КПД в четвертом выводе.

6. Федянин Виктор Яковлевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра «Электротехника и автоматизированный электропривод», профессор, указал, что на стр. 8, 9 автореферата в представленных формулах для расчета прямой солнечной радиации отсутствует информация об учете диффузного (рассеянного) излучения; в таблице 3 в приведенной максимальной годовой экономии традиционных ресурсов за счет использования предлагаемой автором технологии отсутствует информация о расчетном значении показателей энергетической эффективности традиционного топлива.

7. Штым Константин Анатольевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет», департамент энергетических систем, исполняющий обязанности директора, указал, что автору следовало бы более подробно описать «индивидуальные особенности района строительства», оказывающих влияние на использование систем жизнеобеспечения на основе солнечной энергии; из автореферата не совсем ясно, каким образом авторский плоский

солнечный коллектор может использоваться круглогодично для обеспечения горячего водоснабжения без дополнительных традиционных источников энергии для нагрева; в автореферате отмечено, что «в отопительный период горячая вода, полученная от описанной установки, может быть использована для отопления», а на странице 15 приведена автором таблица 4, из которой следует, что в зимние месяцы отопительного периода температура воды в баке-аккумуляторе достигает 16-18 °С, что ясно показывает невозможность использования этой установки без альтернативного источника энергии; на рисунке 8 автореферата изображена новая конструкция солнечной плоской панели, следовало бы отметить конструктивные отличия от известных вариантов плоских солнечных панелей или описать, за счет чего достигается эффект увеличения КПД.

8. Заворин Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики, профессор; Кузнецов Гений Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики, профессор, отметили, что недостаточно охарактеризована созданная автором тепловоспринимающая поверхность, на основе которой действует авторский вариант плоского солнечного коллектора; не указан источник сведений о многолетних наблюдениях за энергией солнечного излучения ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$), используемых для сравнения с результатами расчетов по математической модели, а также длительность и оценка достоверности этих наблюдений.

9. Исаев Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской

авиации, заведующий лабораторией фундаментальных исследований, отметил, что в выводах фигурируют данные по выбросам и КПД со значащими цифрами после запятой, а именно 381,29 и 27,7. Непонятно, какова неопределенность приведенных данных.

10. Павлов Михаил Васильевич, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодский государственный университет», кафедра теплогазоводоснабжения, доцент отметил, что в тексте автореферата в явном виде не указано направление исследований, соответствующее паспорту специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы; не определены перспективы дальнейшей разработки темы диссертационного исследования, не обращено внимание на необходимость в дальнейшем учете сезонных колебаний солнечной радиации на КПД энергетической системы.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой квалификацией, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Область научных интересов доктора технических наук, профессора Алхасова Алибека Басировича связана с возобновляемыми источниками энергии, в том числе, солнечной энергетикой, биогазовыми установками, накопителями энергии, перспективами применения ВИЭ в России, он имеет большое количество научных публикаций по близкой к диссертационной работе тематике.

Область научных интересов кандидата технических наук, доцента Бубенчикова Антона Анатольевича связана в значительной степени с исследованиями автономной и распределенной генерации с применением традиционных и возобновляемых источников энергии (фото-, ветро- энергоустановки и др.), а также умными сетями и автоматизированными системами коммерческого учета потребляемой электроэнергии.

Выбор ведущей организации ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева» Сибирского отделения российской академии наук обусловлен широкой известностью и достижениями в области исследований энергетических установок, систем электроснабжения, распределенной генерации электрической энергии, в том числе, с применением нетрадиционных (возобновляемых) источников энергии, что подтверждается трудами ведущих научных сотрудников, ученых, преподавателей и специалистов данной организации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан авторский плоский солнечный коллектор, который может использоваться круглогодично для обеспечения горячего водоснабжения без дополнительного использования традиционных источников энергии для нагрева воды;

предложена методика расчета потока солнечной радиации, приходящей на коллектор, которая может служить основой для определения эксергетической эффективности солнечных коллекторов, так как получаемое в результате расчетов значение солнечной радиации на перпендикулярную потоку поверхность определяет её исходный эксергетический потенциал. Результаты исследования могут быть обобщены для оценки эффективности использования солнечной энергии на территории России и за ее пределами. Предложенная математическая модель позволяет рассчитать количество солнечной радиации, приходящей на солнечный коллектор, установленный под любым углом к потоку солнечного излучения; оценить эффективность его установки в любом регионе; рассчитать мощность солнечного коллектора в любой день или за определенный период времени на любой высоте над уровнем моря;

представлены результаты годового исследования нагрева воды вакуумным солнечным коллектором, установленным в городе Новосибирске;

предложена комбинированная система производства электроэнергии на основе принципов фотовольтаики и органического цикла Ренкина с использованием эффективных миниканальных теплообменников;

произведена оценка себестоимости единицы тепловой энергии;

получены значения максимальной экономии условного топлива для города Новосибирска, сокращения выбросов CO₂, сокращения выбросов золы на 1 м² солнечного водонагревательного коллектора на авторском плоском солнечном коллекторе.

Теоретическая и практическая значимость исследования обоснована тем, что:

предложена схема тригенерации, позволяющая на современном техническом уровне преобразовать большую часть энергетического спектра солнечного излучения для выработки электроэнергии с использованием связанных технологий фотовольтаики и вакуумных солнечных коллекторов, а также теплоты и холода с использованием прямых и обратных термодинамических циклов с низкокипящими рабочими телами.

Таким образом, полученные результаты могут быть использованы при выполнении расчетов приходящей радиации на солнечный коллектор, для оценки необходимой площади солнечных коллекторов, технико-экономических и экологических параметров работы объектов солнечной энергетики, а также для повышения энергоэффективности солнечных установок для производства тепла, холода и/или электроэнергии.

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

разработан и исследован авторский плоский солнечный коллектор;

получены акты внедрения разработок авторского плоского солнечного от Платформы университетского технологического предпринимательства и Научно-технологического парка Новосибирского Академгородка;

материалы работы **отражены** в отчете по гранту Фонда содействия инновациям, договор № 429ГССС15-L/78786 от 08.09.2022 по направлению Ресурсосберегающая энергетика;

материалы работы **применены** в учебной дисциплине «Горение органического топлива» для бакалавров по направлению 13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника».

Достоверность полученных результатов обеспечена:

выполнением натурных исследований, учитывающих климатические условия регионов Сибири;

применением современного исследовательского оборудования в области возобновляемой энергетики;

применением апробированного метода эксергетического анализа различных по физической природе потоков энергии;

использованием современного оборудования, приборов и материалов, используемых в солнечной энергетике и соответствием расчетных результатов многолетним статистическим данным актинометрических наблюдений.

Личный вклад соискателя заключается в самостоятельном проведении теоретического анализа, натурных исследований, обработке и оценке полученных данных, в разработке способов повышения энергоэффективности солнечных водонагревательных коллекторов и методики оценки энергетического потенциала объектов гелиоэнергетики.

Все результаты, представленные в диссертации, получены автором самостоятельно или при непосредственном участии, доля которого составляет не менее 60%. Представление изложенных в диссертации и выносимых на защиту результатов, полученных в совместных исследованиях, согласовано с соавторами.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Почему в модели не учитывалась облачность?

2. Почему не убрали козырек над вакуумным солнечным коллектором?

3. Чем подтверждена разработанная модель расчета приходящей солнечной радиации?

Соискатель Хорева Валентина Александровна ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

Диссертация представляет собой законченное и самостоятельное исследование, в котором впервые на основе эксергетического метода рассмотрен весь путь преобразования потока солнечной радиации от ее первоисточника до полезных для потребления теплоэнергетических продуктов, производимых системой тригенерации. В работе предложена уточненная модель расчета солнечной радиации; разработаны схемы по её трансформации в тепловую энергию в вакуумном трубчатом и авторском плоском солнечных коллекторах; разработана методика оценки их эффективности, заключающаяся в учете приходящей радиации, физических свойств и параметров теплоносителя и окружающей среды. Предложен вариант объединения разнородных энерготехнологий в единую гибридную систему, позволяющий использовать значительную часть эксергетического потенциала потока солнечной радиации, на основе прямого и циклического методов производства электрической энергии. Разработана схема тригенерации, позволяющая полезно использовать до 45% энергетического спектра поглощенного солнечной радиации.


На заседании 29 ноября 2024 г. диссертационный совет принял решение:

за решение научной задачи, имеющее существенное значение для повышения энергетической эффективности объектов возобновляемой энергетики, в том числе гелиоэнергетики, присудить **Хоревой Валентине Александровне** ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 5 докторов наук по специальности

рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени 12, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
академик РАН



Сергей Владимирович
Алексеев

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук

Олеся Владимировна
Боруш

29 ноября 2024 года