

## ОТЗЫВ

Официального оппонента  
Кандидата технических наук, доцента  
Бубенчикова Антона Анатольевича  
на диссертационную работу  
Хоревой Валентины Александровны  
«Эксергетическая эффективность технологий тригенерации на базе  
инсоляции юга Сибири»,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы

### **1. Актуальность работы**

Интерес к солнечной энергетике стабильно растет. Основной причиной использования энергии Солнца является его энергоемкость, а также то, что рассматриваемый источник энергии не влечет за собой возникновения вреда окружающей среде. Расходы, затрачиваемые на эксплуатацию солнечных систем, гораздо ниже по сравнению с сопоставимыми системами без использования солнечной энергии. Солнечную энергию с уверенностью можно считать ресурсосберегающим дополнением традиционным системам, которые используют электричество и газ.

Факторами, стимулирующими использование солнечной энергетике на юге Сибири, являются удаленные населенные территории, до которых не дотянуты ЛЭП, или слабое развитие сети линий электропередач в этих местах.

Таким образом, исследование эксергетической эффективности установок, работающих на солнечной энергии, имеет высокую актуальность и значительную востребованность.

### **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций и их достоверность**

Достоверность полученных результатов обеспечена:

1. Проведением годового эксперимента по солнечному нагреву воды в баке вакуумным солнечным коллектором.

2. Проведением годового эксперимента по солнечному нагреву воды в баке авторским плоским солнечным коллектором.
3. Получением результатов интеллектуальной деятельности.
4. Использованием математической модели, имеющей свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ.
5. Совпадением результатов математического моделирования и многолетних наблюдений.

### **3. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций и их достоверность**

К научной новизне диссертации можно отнести следующие результаты:

1. Комплексный подход определения эффективности основных технологий тригенерации, работающих на солнечной радиации.
2. Усовершенствованная модель расчета солнечной радиации, приходящей на приемные устройства.

Достоверность научных положений и результатов работы подтверждена представленными в диссертации результатами.

### **4. Практическая значимость работы**

1. Установлены значения максимальной энергии солнечной радиации, приходящей на приемник, установленный на юге Сибири.

2. Проведено сопоставление эффективности выработки электроэнергии на основе технологий фотовольтаики и технологий на основе термодинамических циклов.

3. Предложена схема установки тригенерации, обеспечивающей повышение эффективности использования солнечной радиации.

4. Разработан, изготовлен и апробирован опытный образец авторского плоского солнечного коллектора для ГВС и отопления для малоэтажного домостроения.

Так же результаты работы поддержаны грантами Фонда содействия инновациям. Результаты работы внедрены в курс практических работ по дисциплине «Горение органического топлива».

## **5. Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом**

Диссертация В.А. Хоревой включает в себя: введение, пять глав, заключение и список используемой литературы из 161 наименования, 3 приложения, текст диссертации изложен на 141 странице печатного текста, содержит 61 рисунок, 25 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность работы, определена цель и поставлены задачи исследований, сформулированы научная новизна и практическая значимость работы, представлены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** описано развитие солнечной энергетики для получения тепла, горячей воды, холода и электроэнергии, а так же эксергетического анализа солнечных коллекторов. Обосновывается актуальность развития эксергетического анализа, как одного из способов совершенствования систем энергоснабжения на основе энергии солнца.

**Во второй главе** предложена математическая модель, учитывающая градиенты плотности атмосферы и изменение энергии с учетом волнового спектра солнечного излучения.

**В третьей главе** диссертации определена эксергетическая эффективность тепловых гибридных солнечных коллекторов при установке их на юге Сибири.

**В четвертой главе** рассмотрено получение горячего водоснабжения от солнца с помощью вакуумного солнечного коллектора и авторского плоского солнечного коллектора.

**В пятой главе** представлена схема энергоснабжения потребителя суммарной мощностью 2-10 кВт на основе тригенерации.

**6. Соответствие паспорту научной специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы**

Диссертационная работа Хоревой Валентины Александровны «Эксергетическая эффективность технологий тригенерации на базе инсоляции юга Сибири» соответствует паспорту научной специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы по следующим направлениям:

1. Разработка методов расчета, алгоритмов и программ энергетических установок на возобновляемых видах энергии.

2. Математическое моделирование, численные и натурные исследования рабочих процессов, протекающих в установках на возобновляемых видах энергии.

6. Теоретический анализ, математическое моделирование, проектирование энергоустановок, на основе преобразования возобновляемых видов энергии с целью исследования их параметров, режимов работы, экономии ископаемых видов топлива и решения проблем экологического и социально-экономического характера.

7. Исследование влияния технических решений, принимаемых при создании и эксплуатации энергетических систем и установок на их финансово-экономические и инвестиционные показатели.

**7. Апробация работы и публикации**

Результаты работы докладывались на Всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации» (г. Новосибирск, 2020, 2021, 2022, 2023); Всероссийской конференции «Сибирский теплофизический семинар» (г. Новосибирск, 2020, 2021, 2022); Всероссийской научно-практической конференции «Aspire to science» (г. Новосибирск, 2020); Всероссийской научной конференции «Теплофизика и физическая гидродинамика: современные вызовы» (г. Севастополь, 2021; г. Сочи, 2022; г. Махачкала, 2023); Всероссийской научной конференции «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий» (г.

Новосибирск, 2022); Международной научной конференции «Sustainable and efficient use of energy, water and natural resources» (г. Санкт-Петербург, 2021); Международный симпозиум «Устойчивая энергетика и энергомашиностроение – 2021: SUSE 2021» (Казань, 2021); Технопром-2023 (Новосибирск).

### **Публикации**

Основные положения и результаты диссертации опубликованы в 21 научной работе, из них: 2 научные статьи в журналах, входящих в перечень ВАК; 3 научные статьи в журналах Scopus, 14 – в сборниках трудов конференций. Получено 1 свидетельство на программу ЭВМ, 1 патент на изобретение.

### **Личный вклад автора**

Личный вклад автора заключается в самостоятельном проведении теоретического анализа, натурных исследований, обработке и оценке полученных данных, разработке авторской модели плоских солнечных коллекторов. Все разработки и результаты исследований, изложенные в основном тексте диссертации без ссылок на другие источники, получены лично автором либо при его непосредственном участии. В совместных публикациях вклад автора равнозначный.

## **8. Вопросы и замечания по содержанию диссертационной работы**

1. **Глава 1, страница 33, таблица 1.2** Некорректно сравнивать увеличение мощности гибридных установках разного типа на разных системах слежения за положением солнца. Двухосевая система в плане выработки мощности всегда будет эффективнее одноосевой или стационарной.

2. **Глава 2, страница 39.** Не указано что означают буквы «d» и «δ» в формуле 2.1 и «Г» 2.2, так же отсутствуют ссылки на источник формул.

3. **Глава 2, страница 42.** Непонятная таблица. Если смотреть горизонтально, то Механическая энергия №1 полностью преобразуется в тепловую №5. Стоит «+». Если смотреть Тепловую №5, то она не полностью

преобразуется в Механическую №1. Стоит «-». Это действительно так или это ошибка при формировании таблицы?

4. **Глава 2, страницы 46-50.** Почему при сравнении методов для проведения расчетов и построения графиков брались различные зенитные углы  $z$ ? В методе №3  $z=70^\circ$ , в методе №4  $z=75^\circ$ , в методе №5  $z=65^\circ$ . Именно при этих значениях на высоте 5.5 км, значения  $I$  становятся больше  $I_0$ , или другая причина?

5. **Глава 2, страница 53.** В тесте написано «Из таблицы 2.3 видно, что на высотах 40 км и выше плотностью атмосферы для расчетов можно пренебречь». Но в таблице указаны значения высот от нуля до 3000 м (3 км). Не видно, что будет на 40 км.

6. **Глава 2, страница 55.** Не отражен физический смысл и принцип определения поправочного коэффициента экспоненты  $k_e=0,26016$

7. **Глава 2, страница 72.** В пункте 4 указано сокращение выбросов  $CO_2$  и золы в количественном отношении, но не указана начальная или максимальная величина, от которой это сокращение определялось. Сколько это процентов от начального? Так же отсутствует сам расчет, есть только финальные цифры в выводах

8. **Глава 3, страница 76.** Что такое R-747, в таблице и тексте информации нет

9. **Глава 3, страница 79.** В каком диапазоне температур работает цикл? Иными словами, при каком значении температуры ФЭП начинается забор тепла с её поверхности и при какой заканчивается? Были ли определены точные или рекомендуемые значения (может, согласно таблиц 3.2 и 3.3 страница 82) или система забора тепла работает всегда, даже при отрицательных температурах?

10. **Глава 3, страница 81.** Почему принимаются в качестве расчётного значения  $\Delta T_k=3^\circ C$ , а температура на входе в конденсатор  $\Delta T_k=6^\circ C$ ? Отсутствует источник или объяснение.

11. **Глава 4, страница 105.** Из сравнения графиков видно, что в случае следящего коллектора эксергия солнечного излучения в г. Новосибирск может быть использована более эффективно, чем на экваторе. Уточните что сравнивалось – «одиночная» ФЭП на экваторе с системой тригенерации в которую входит точно такая же по площади ФЭП в Новосибирске?

**9. Соответствие диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842**

Диссертация Хоревой В.А. «Эксергетическая эффективность технологий тригенерации на базе инсоляции юга Сибири» соответствует пункту 9, является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные, технологические или иные решения, направленные на повышение энергетической эффективности технологий получения тепла, холода и электроэнергии от солнца.

Диссертация соответствует пункту 10, так как обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, практическое использование результатов подтверждено актами внедрения.

Результаты исследований опубликованы в двух рецензируемых научных изданиях, что соответствует пунктам 11 и 13.

Диссертация соответствует пункту 14, поскольку содержит ссылки на источники заимствования материалов и на работы других авторов, а так же отмечен конкретный личный вклад соискателя.

### **Заключение**

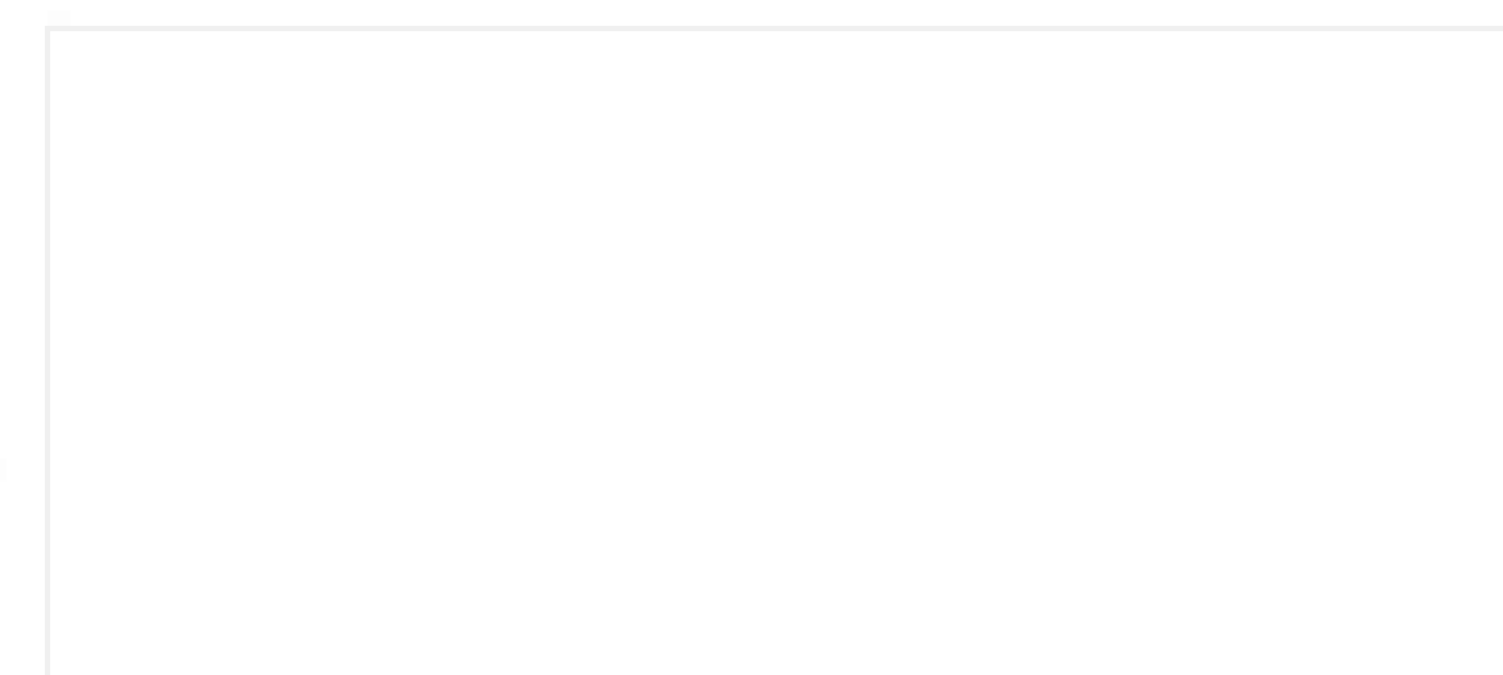
Диссертация Хоревой Валентины Александровны является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлен анализ эксергетической эффективности технологий тригенерации на базе инсоляции юга Сибири.

Автореферат соответствует диссертации и отражает ее содержание. Положения, выносимые на защиту, основные результаты и выводы по

диссертации опубликованы автором в рецензируемых научных журналах и трудах конференций в достаточном объеме. Объем публикаций и сроки их выхода показывают, что работа выполнена автором самостоятельно, на хорошем научном уровне.

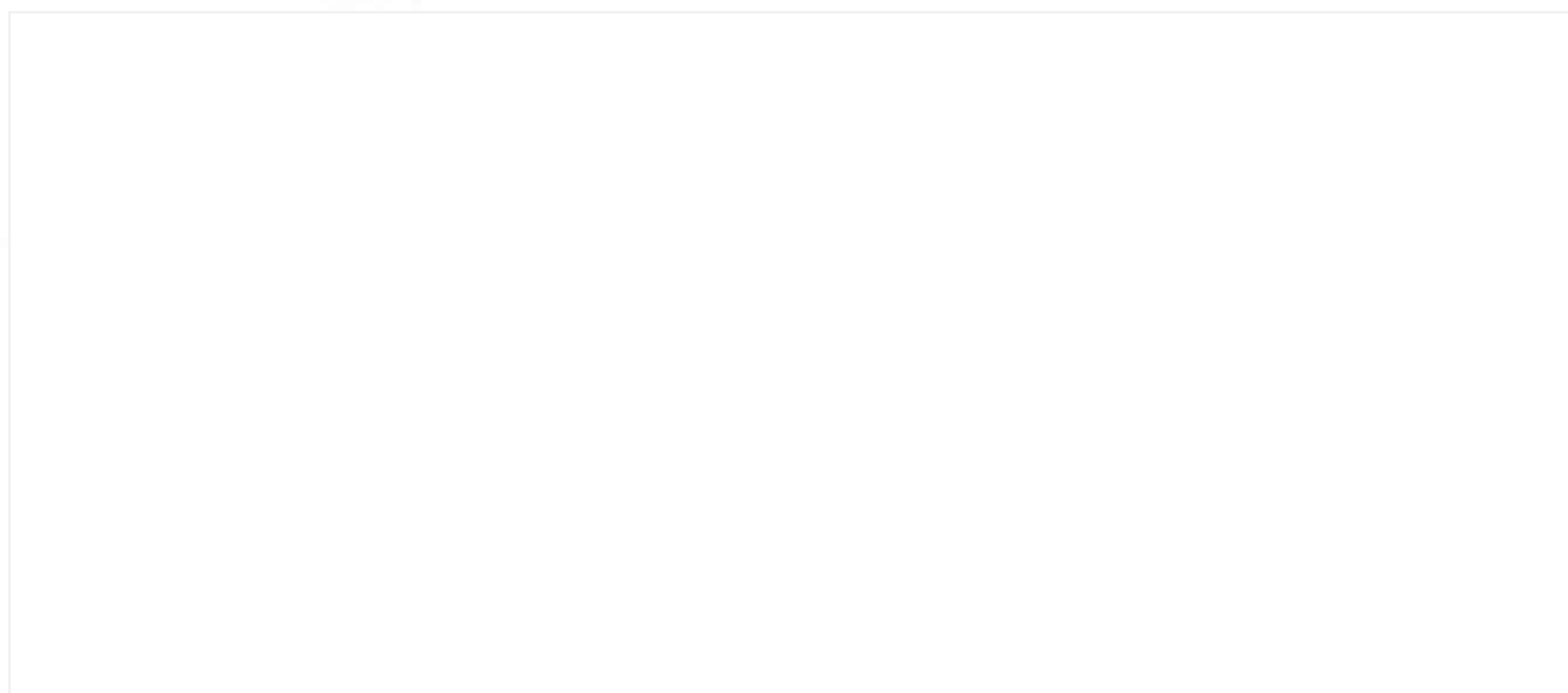
На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Хоревой Валентины Александровны «Эксергетическая эффективность технологий тригенерации на базе инсоляции юга Сибири» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а именно п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 25.01.2024), а сам соискатель заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы.

Бубенчиков Антон Анатольевич кандидат  
технических наук  
по специальности 05.14.02 – Электрические  
станции и электроэнергетические системы,  
доцент, доцент, доцент кафедры  
«Электроснабжение промышленных  
предприятий» ФГБОУ ВО «Омский  
государственный технический университет»,  
privetomsk@mail.ru,  
Тел. + +7 913 978-03-32  
644050, Россия, г. Омск, проспект Мира, 11,  
корпус 6, ауд. 234



30.10.2024

Подпись Бубенчикова А.А.  
Ученый секретарь ОмГТУ



Поступил в совет 13.11.2024  
Из секретаря ДС Юм Бонучи О.В. /  
С объявлением ознакомлена 14.11.2024 ХХ/Хорева В.А.