



Открытое акционерное общество  
«Научно-производственное объединение по  
исследованию и проектированию энергетического  
оборудования им. И.И. Ползунова»

**(ОАО «НПО ЦКТИ»)**

191167, Санкт-Петербург, ул. Атаманская, д. 3/6.  
Тел. (812) 717-23-79, факс (812) 71743-00.  
ОКПО 05762252. ОГРН 1027809192388  
ИНН 7825660956. КПП 784201001  
e-mail: general@ckti.ru, www.ckti.ru

**УТВЕРЖДАЮ**

Генеральный директор

\_\_\_\_ д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ ) Евгеньевич

\_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ марта 2026 г.

## **ОТЗЫВ**

ведущей организации

ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и  
проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова»

(ОАО «НПО ЦКТИ») на диссертацию

**Федоткиной Анастасии Николаевны**

«Повышение эффективности технологии трансфера теплоты с использованием  
геотермальных термосифонов с естественной циркуляцией», представленную  
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.4.6. – Теоретическая и прикладная теплотехника

**Актуальность работы.** Развитие возобновляемой энергии важно для  
России. Повышение эффективности геотермальных технологий помогает  
диверсифицировать энергетический сектор и уменьшить зависимость от  
углеводородов.

Работа А.Н. Федоткиной посвящена разработке новых технических и  
технологических решений конструкции теплопередающей установки,  
направленных на улучшение эксплуатационных и технико-экономических  
характеристик для увеличения энергетической эффективности при  
транспортировании тепловой энергии с помощью геотермальных  
термосифонов, что позволяет считать тему диссертации вполне *актуальной*.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

1) Выявлена связь между количеством тепла, передаваемого геотермальным термосифоном с естественной циркуляцией (ГТЕЦ), и рядом технических и термодинамических параметров: температурой грунта, геометрией установки и наличием разделителя между восходящими и нисходящими потоками в ГТЕЦ.

2) На основе численного моделирования и физических экспериментов показана эффективность применения теплоизолированного разделителя потоков в ГТЕЦ.

**Достоверность и обоснованность результатов работы** подтверждается тем, что: использована теория системного анализа при выборе рационального метода транспортирования тепла; использованы современные апробированные методы исследований, включающие математическое моделирование функционирования ГТЕЦ; проведены экспериментальные исследования.

**Практическая ценность работы** определяется тем, что:

1) Разработан модернизированный метод выбора технологий трансфера геотермальной энергии, основанный на интегральном подходе к определению критериев для принятия проектных решений;

2) Разработана математическая модель, описывающая термодинамический процесс функционирования ГТЕЦ с разделителем сред с учетом внутренних и внешних тепловых потерь;

3) Разработана и защищена патентом РФ на полезную модель конструкция ГТЕЦ с теплоизолированным разделителем потоков;

4) Результаты исследования внедрены в проектно-техническую документацию предприятия Проектного центра филиала Невский ПАО «ТГК-1» (акт внедрения от 13.03.2025).

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК и были представлены на научных конференциях.

*Диссертация соответствует заявленной специальности.*

**Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы.** Результаты работы целесообразно использовать в научно-исследовательских и проектных организациях, занимающихся разработкой систем геотермальной энергетики, а также в учебном процессе для направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника».

Содержание **автореферата** соответствует идеям, тексту и выводам работы.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1) В обзоре рассмотрены вопросы геотермальных источников энергии и способов передачи тепла от них, а вопросы существующих конструкций термосифонов не рассмотрены. Вопрос применения кипящих термосифонов, в т.ч. с водяным заполнением при вакууме, не рассмотрен, лишь упомянуто применение на практике отличных от воды рабочих сред. Отсутствуют ссылки на работы сотрудников ЦКТИ по термосифонам, включая термосифоны с циркуляционной вставкой, например, на работы д.т.н., проф. Балунова Бориса Фёдоровича и др.

2) Принцип присвоения оценок технологиям извлечения геотермальной энергии не описан. Коэффициент конкордации обычно используется в методе экспертных оценок, а не для сравнения различных технологий одним экспертом.

3) В работе имеется большое количество допущений и упрощений:

- В экспериментальной модели не обоснована равномерность нагрева.
- Не описано, откуда взяты суммы капитальных затрат на реализацию проектов геотермальных термосифонов, отсутствует расшифровка данных затрат.
- При оценке потерь тепла по длине термосифона и через разделитель не учтены термические сопротивления на поверхностях стенок (за разность температур принята разность температур между средами, а не поверхностью стенки).
- Отведение тепла от крышки сухим льдом не дает возможности измерить (рассчитать) фактический теплоотвод от верхней крышки и сравнить его с подведенной мощностью. Кроме того, не оценены тепловые потери от внешней поверхности тепловой трубы при проведенных экспериментах.
- При расчете гидравлического сопротивления в кольцевом канале не учтен коэффициент формы канала.

4) В предложенной конструкции термосифона имеются биметаллические соединения с цветными металлами. Не рассмотрен вопрос конструктивного исполнения данного соединения с точки зрения возможности изготовления и надежности эксплуатации. Не обоснован выбор формы крышек (плоская, а не П-образная). Не ясно, о каких реальных деформациях идет речь при проведенных исследованиях. Не рассмотрен вопрос влияния модульности экспериментальной модели на полученные результаты.

5) Отсутствует сравнительный гидравлический расчет трех рассматриваемых конструкций термосифонов, учитывающий влияние тепловой

изоляции разделителя потоков. Отсутствует подробное описание компьютерного моделирования в SolidWorks. Не представлена методика расчета и анализа величины теплового потока.

6) Приведены не все полученные данные и геометрические характеристики исследованных моделей. Описание системы измерений и мест установки средств измерений недостаточно подробно, отсутствует описание метрологических характеристик (погрешностей). На фотографии модели (рисунок 3.5) на верхней крышке виден установленный датчик, не описанный в тексте работы.

7) Отсутствует прямое сравнение полученных результатов моделирования и испытаний. Увеличение отводимой тепловой мощности при внедрении разделителя на 20 % получено как при моделировании, так и при экспериментальном исследовании, однако покрытие разделителя теплоизоляционным материалом дает дополнительное увеличение тепловой мощности лишь при моделировании. Результаты испытаний показывают незначительное увеличение. Значения отводимых мощностей, приведенные в автореферате, отличаются от значений, приведенных в диссертации. Отличие результатов математического моделирования и полученной регрессионной модели при температуре земли, равной 45 °С, достигает двукратного. В связи с чем не ясен вывод о точности, достоверности и адекватности.

8) По тексту диссертации и автореферата имеются опечатки (орфографические, пунктуационные и т.д.).

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки работы.

#### **Заключение по работе.**

Диссертация А.Н. Федоткиной «Повышение эффективности технологии трансфера теплоты с использованием геотермальных термосифонов с естественной циркуляцией» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований предложена новая для возобновляемой энергетики технология передачи тепла, позволяющая повысить эффективность системы использования геотермальной энергии. Диссертация соответствует требованиям, установленным п.п. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Федоткина Анастасия Николаевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6. – Теоретическая и прикладная теплотехника.

Отзыв подготовлен в испытательном центре энергетического оборудования и одобрен по результатам обсуждения материалов диссертации на заседании секции теплообменного и схемного оборудования ТЭС и АЭС научно-технического совета ОАО «НПО «ЦКТИ» 18.03.2026, протокол № 7.

Председатель секции теплообменного и схемного оборудования ТЭС и АЭС НТС ОАО «НПО ЦКТИ»,  
заместитель генерального директора – заведующий отделением теплообменного и схемного оборудования ТЭС и АЭС, д.т.н.

Сухоруков  
Юрий  
Германович

Секретарь секции НТС,  
заведующий лабораторией поверхностных теплообменных аппаратов АЭС, ТЭС, промышленных энергоустановок и систем теплоснабжения, к.т.н.

Есин Сергей  
Борисович

Заместитель начальника испытательного центра энергетического оборудования, к.т.н.

Лычаков  
Виталий  
Дмитриевич

18.03.2026

ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова» (ОАО «НПО ЦКТИ»)  
Адрес: 191167, Санкт-Петербург, ул. Атаманская, д. 3/6,  
www.ckti.ru, e-mail: general@ckti.ru, тел.: (812) 7172379.