

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Александровская ул., д. 30, г. Чита, 672039 Россия

Тел. (302-2) 41-64-44, 41-66-00

Факс: (302-2) 41-64-44

Web-server: www.zabgu.ru

E-mail: mail@zabgu.ru

ОКПО 02069390, ОГРН 1027501148652

ИНН/КПП 7534000257/753601001

19.08.2022 № 16.1-2460
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО «ЗабГУ»
д-р. техн. наук, профессор

С.А. Иванов

08 2022 г.



ОТЗЫВ ведущей организации

на диссертационную работу **Кадцына Ивана Ильича** «Улучшение эксплуатационных и технико-экономических характеристик геотермальных теплотрансформаторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика

Представленная диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения». Работа изложена на 162 страницах основного текста, включающего в себя 53 рисунка и 17 таблиц. Работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка литературы из 112 наименований и 13-ти приложений.

Актуальность исследований

Работа Кадцына Ивана Ильича направлена на улучшение эксплуатационных и технико-экономических характеристик геотермальных теплотрансформаторов (тепловых насосных установок) в климатических условиях Сибири.

Согласно индустриальным аналитическим отчетам, включая отчеты европейской ассоциации тепловых насосов (ЕНРА), мировой рынок тепловых насосных установок стабильно расширяется на протяжении последних десятилетий. На сегодняшний день европейский парк тепловых насосов насчитывает порядка 15 миллионов единиц. В мировой практике тепловые насосы признаются приоритетным направлением развития энергосберегающих технологий. В последние годы они становятся основой для стабилизации энергосистем с высокими долями альтернативной энергетики, позволяя синхронизировать работу систем теплоснабжения с ветряными и солнечными электростанциями обеспечивая общую энергетическую гибкость.

В условиях планомерного развития технологий тепловых насосов геотермальные схемные решения надежно удерживают нишу эффективных вариантов теплоснабжения, особенно для потребителей, которые располагаются в холодном климате. Тематика использования низкопотенциальной теплоты грунта, не смотря на долгую историю исследований, обладает потенциалом для дальнейшего изучения. Технологии обеспечения устойчивости и долгосрочной работы систем сбора теплоты, модернизация зондов и

геологические исследования занимают ключевые позиции среди тематических публикаций в высокорейтинговых изданиях.

В Российской энергетической отрасли также присутствует сдержанный, но постепенно нарастающий интерес к тепловым насосам. Активное развитие малоэтажного строительства и тренд на энергетическую децентрализацию промышленных объектов, включая планы по развитию архитектуры активных энергетических комплексов, позволяют прогнозировать существенное увеличение количества потенциальных потребителей, заинтересованных в энергосбережении при помощи тепловых насосов.

Учитывая вышеизложенное и отмечая, что диссертация выполнена в рамках приоритетного направления развития науки, технологий и техники РФ, можно сделать следующий вывод: улучшение эксплуатационных и технико-экономических характеристик геотермальных теплотрансформаторов является актуальной темой для исследования.

Цель работы и задачи исследования

Поставленная автором цель – совершенствование грунтовых зондов для повышения энергоэффективности геотермальных теплотрансформаторов в климатических условиях Сибири, и задачи, выполненные для достижения цели, отвечают существующим отраслевым тенденциям в области геотермальной энергетики и соответствуют уровню исследований, которые характерны для диссертационных работ на соискание степени кандидата технических наук.

Достоверность результатов работы

Достоверность и обоснованность полученных результатов достигается корректным применением математического аппарата теории эксперимента и математической статистики также подтверждается результатами измерений аттестованных лабораторий, применением сертифицированного измерительного оборудования и аппаратуры, фактическими показаниями измерительных приборов учета электрической и тепловой энергии.

Полученные автором выводы, в частности по определению «нейтральной зона грунта», коррелируют с результатами, полученными другими исследователями.

Научная новизна работы

Установлены физико-механические и теплофизические характеристики грунтов г. Омска, зафиксирована нейтральная зона грунта, формирующаяся под воздействием солнечной радиации.

Обоснована математическая модель эффективной глубины односкважинного коаксиального геотермального коллектора, отличающаяся от известных возможностью учета зависимости температуры рабочей жидкости от заглубления зонда.

Улучшена методика определения количества скважин и расстояния между ними. Усовершенствована номограмма расстояния между геотермальными зондами с учетом полученных экспериментальных данных.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость работы обусловлена предложенными моделями и методами, которые могут послужить основой для разработки инженерных методик проектирования геотермальных зондов различных конструкций.

Практическая значимость работы выражается в следующем:

1. Для повышения точности проектирования геотермальных зондов расширена информационная база о теплофизических показателях грунтовых массивов, установлена нейтральная зона грунта на территории г. Омска.

2. Разработаны и предложены новые конструктивные и программные решения, которые позволят улучшить эксплуатационные показатели грунтовых теплотрансформаторов и выполнять мониторинг их температурного режима.

3. Доказана эффективность применения теплотрансформатора с усовершенствованными U-образными грунтовыми зондами.

Реализация результатов работы

Научные и практические результаты работы используются при мониторинге технологического оборудования в АО «Федеральный научно-производственный центр «Прогресс» (акт внедрения от 20.07.2021 г.), выполнении изыскательских работ в АО «Омская геологоразведочная экспедиция» (акт внедрения от 18.08.2020 г.), используются в Омском государственном университете путей сообщения при подготовке студентов по направлениям: Теплоэнергетика и теплотехника в бакалаврской программе «Промышленная теплоэнергетика» в курсе дисциплины «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», а также в научно-исследовательской работе студентов ОмГУПС.

Форма изложения материалов, публикации

Диссертация выполнена на высоком научном уровне. По результатам исследований опубликованы 14 печатных работ, из них 3 в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 в зарубежном издании, индексируемом в международной реферативной базе данных Scopus. Получено 2 патента и 1 свидетельство о регистрации программ для ЭВМ.

Содержание статей отражает основное содержание и результаты работы. Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает результаты исследований.

Оформление диссертации и автореферата соответствует действующим стандартам.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы к использованию в инженерной практике при проектировании геотермальных теплотрансформаторов для повышения их эффективности. Предложенные в подразделе 4.5 технические решения и программный продукт обладают существенным потенциалом для внедрения на вновь сооружаемых объектах и при модернизации действующих геотермальных теплоэнергетических систем.

Дискуссионные положения и замечания

1. На стр. 7 текста диссертации автор обозначает особенность диссертационного исследования, заключающуюся во введении ранее отсутствующего понятия «нейтральная зона грунта». При этом на стр. 62 в подразделе 3.1. при раскрытии понятия «нейтральная зона грунта» дана ссылка на источник из списка литературы под номером 60. В источнике присутствует понятие «нейтральная зона». Поскольку понятие «нейтральная зона грунта» и «нейтральная зона» схожи по смыслу, то необходимо раскрыть существенное отличие вновь введенного понятия от уже известного.

2. В подразделе 2.3 на стр. 45-51 представлены зависимости естественной влажности образцов грунта от глубины выработок, на каждой из зависимостей показана линия тренда, отражающая тенденции изменения влажности по глубине, однако не указаны коэффициенты детерминации или корреляции. Разброс данных на графиках характерен для слабых и нулевых корреляций, но в последующем анализе данных этот факт не отражен и не учтен.

3. В подразделе 2.3 на стр. 52 в таблице 2.2 представлена ведомость средних результатов лабораторных исследований по физико-механическим характеристикам исследованных разновидностей грунтов. Полученные данные представлены без указания погрешности. То же самое замечание относится к таблицам 2.4 и 2.5. В связи с чем, не представляется возможным оценить влияние точности проведенных исследований на точность последующих расчетов.

4. В подразделе 4.1 на стр. 81-82 указано, что при достижении эффективной глубины скважины дальнейшее увеличение глубины зонда экономически неэффективно. Написанный автором тезис о неэффективности базируется на прекращении роста температуры

теплоносителя при дальнейшем углублении скважины, причем тезис формулируется при фиксации геометрических характеристик коллектора и расхода теплоносителя. К полученной постановке расчета возникает как минимум два вопроса, почему фиксируются потенциально оптимизируемые параметры? И почему не учитывается изменение COP теплового насоса и связанное с этим изменение издержек на эксплуатацию в соотношении с капитальными затратами на углубление скважины?

Заключение

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Диссертационная работа Кадцына Ивана Ильича «Улучшение эксплуатационных и технико-экономических характеристик геотермальных теплотрансформаторов», имеет внутреннее единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные технические разработки, направленные на повышение эффективности геотермальных теплотрансформаторов, имеющие существенное значение для развития страны.

Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9-14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а её автор Кадцын Иван Ильич достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв на автореферат и диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Энергетики 15/2 9 08, 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Забайкальский государственный университет», кафедра Энергетики, кандидат технических наук, доцент кафедры

«9» 08 2022 г.



Кобылкин Михаил Владимирович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Забайкальский государственный университет», кафедра Энергетики, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой

«9» 08 2022 г.



Басс Максим Станиславович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Забайкальский государственный университет».

672039, г. Чита, ул. Александрово-Заводская, д. 30.

Телефон: 8 (3022) 41-64-44. Адрес сайта: www.zabgu.ru. Адрес электронной почты: mail@zabgu.ru