

ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу Абдлахатовой Назым Шохадляевны на тему «Исследование и совершенствование технологического режима бинарной энергоустановки для повышения энергоэффективности автономных потребителей», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D08702-«Энергообеспечение сельского хозяйства»

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы); 2) диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы); 3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).	Исследование посвящено актуальной задаче повышения эффективности использования геотермальных энергетических ресурсов, что соответствует современным государственным приоритетам научно-технологического развития Республики Казахстан. Диссертационная работа выполнена в рамках государственного научного проекта №BR24992867 «Разработка ресурсосберегающей технологии для развития и управления водным хозяйством и перерабатывающей промышленностью Казахстана, создание инновационного инжинирингового центра».
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта.	Научная значимость исследования является высокой. В диссертации предложен комплексный подход к использованию низкопотенциальных геотермальных ресурсов Казахстана, основанный на применении органического цикла Ренкина и последующем каскадном использовании остаточного тепла. Полученные результаты вносят вклад в развитие технологий геотермальной энергетики и повышения энергоэффективности автономных потребителей.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>высокий</u> ; 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	Уровень самостоятельности: 1) высокий. Самостоятельность докторанта подтверждается содержанием и результатами выполненного исследования. Докторантом выполнены термодинамические расчёты энергетического потенциала, обоснованы критерии выбора рабочих жидкостей, проведён анализ полученных результатов и предложен подход к

			каскадному использованию остаточной тепловой энергии. Обработка, анализ и интерпретация результатов осуществлялись автором во взаимодействии с научными консультантами, что соответствует сведениям о личном вкладе, приведённым в диссертации.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>обоснована</u>; 2) частично обоснована; 3) не обоснована.	1) обоснована. Актуальность работы определяется необходимостью диверсификации энергоснабжения автономных потребителей Казахстана и вовлечения в энергобаланс страны геотермальных ресурсов, использование которых для выработки электроэнергии остаётся практически нереализованным. Автором убедительно показана целесообразность применения органического цикла Ренкина и последующего каскадного использования тепла в сельском хозяйстве.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>отражает</u>; 2) частично отражает; 3) не отражает.	1) отражает. Содержание диссертации последовательно раскрывает заявленную тему: от анализа геотермального потенциала Жаркентского месторождения через термодинамическое моделирование ОЦР к оценке каскадных сельскохозяйственных сценариев и технико-экономическому обоснованию.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют</u>; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют.	1) соответствуют. Сформулированные задачи – от оценки геотермального потенциала скважин до выбора рабочих жидкостей и технико-экономического обоснования – логически обеспечивают достижение заявленной цели повышения энергоэффективности автономных потребителей.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u>; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	1) Полностью взаимосвязаны. Главы диссертации выстроены в единую логическую цепочку: обзор геотермальной энергетики, характеристика исследуемых скважин, термодинамическое моделирование, анализ результатов по скважинам и рабочим жидкостям и завершающая экономическая оценка каскадных сценариев.

		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть</u>; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов; 4) анализ отсутствует.	1) Критический анализ есть. Автор сопоставляет предложенные решения по выбору рабочих жидкостей и каскадной схеме с зарубежным опытом применения бинарных геотермальных установок, аргументированно обосновывая выбор R-152a и параметры каскадного теплоснабжения на основе собственных расчётов.
5.	Принцип новизны научной	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	1) полностью новые. Для скважин №5539, 1-РТ и 2-ТП Жаркентского месторождения впервые определён суммарный потенциал выработки электроэнергии на уровне 11 440,2 МВт·ч в год, при этом основной вклад (5905,5 МВт·ч/год) обеспечивает скважина №5539 с температурой теплоносителя около 103 °С.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	1) полностью новые. Научная новизна выводов определяется конкретными результатами, полученными для геотермальных ресурсов Казахстана: количественной оценкой потенциала выработки электроэнергии исследуемых скважин, оценкой остаточного тепла для сельскохозяйственных нагрузок, обоснованием выбора рабочих жидкостей и технико-экономической оценкой каскадных сценариев.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	1) полностью новые. Обоснован алгоритм выбора низкокипящих рабочих жидкостей (из 14 исследованных отобраны 11, отвечающих критериям эффективности и безопасности) и предложена каскадная схема, сокращающая срок окупаемости установки с 7,2 до 5,1–5,3 лет.
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (квалитатив .. ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	Все основные выводы обоснованы. Сформулированные выводы логически вытекают из результатов проведённого исследования. Их обоснованность обеспечена использованием современных методов термодинамического моделирования, выполнением серии расчётов и сопоставлением полученных данных с результатами исследований, опубликованных в научной литературе.

7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u>; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано; 5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно. 7.2 Является ли тривиальным? 1) <u>да</u>; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно. 7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно. 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) <u>широкий</u>; 4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно. 7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	7.1 доказано. Все четыре положения, выносимые на защиту, подтверждены расчётами термодинамической модели ОЦР, оценкой рабочих жидкостей и технико-экономическим анализом каскадных сценариев теплоснабжения и сушки. 7.2 нет. Положения не являются тривиальными: получены конкретные количественные оценки (11 440,2 МВт·ч/год, 92,4 ГВт·ч остаточного тепла, выбор R-152a, сокращение окупаемости до 5,1–5,3 лет), ранее для казахстанских геотермальных источников не определявшиеся. 7.3 да. Положения являются новыми применительно к геотермальным ресурсам Казахстана. 7.4 широкий. Результаты применимы при проектировании геотермальных энергоустановок на основе ОЦР и при организации каскадного теплоснабжения сельскохозяйственных и иных автономных объектов. 7.5 да. Положения апробированы в опубликованных статьях, включая издания, индексируемые Scopus, и в изданиях, рекомендованных КОКНВО МНВО РК.
----	--	---	---

8.	Принцип достоверности. Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана: 1) <u>да</u> ; 2) нет.	1) да. Методология работы – термодинамическое моделирование органического цикла Ренкина с применением программных комплексов CoolProp и ThermoState – раскрыта достаточно подробно и позволяет воспроизвести расчёты.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да</u> ; 2) нет.	1) да. При получении результатов применены современные методы термодинамического и технико-экономического моделирования с использованием компьютерных программ CoolProp, ThermoState и Excel, а также метод Монте-Карло для оценки неопределённостей LCOE.
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) <u>да</u> ; 2) нет.	1) да. Разработанная термодинамическая модель и полученные закономерности подтверждаются расчётами по независимым программным комплексам и актами внедрения результатов в учебный процесс трёх университетов Казахстана.
		8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	1) подтверждены. Автор опирается на широкий круг современных отечественных и зарубежных публикаций, посвящённых вопросам геотермальной энергетики, органического цикла Ренкина и технологиям рационального использования низкопотенциального тепла. Это обеспечивает достаточную аргументированность основных положений исследования.
		8.5 Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора.	1) достаточны. Литературный обзор охватывает современные научные публикации по рассматриваемой тематике и позволяет объективно оценить современное состояние исследований, определить существующие научные подходы и обосновать выбранное направление диссертационной работы.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u> ; 2) нет.	1) да. Теоретическая значимость работы состоит в разработке термодинамической модели бинарной геотермальной установки и в обосновании подхода к каскадному использованию остаточного тепла конденсатора ОЦР.

		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет.	1) да. Практическая значимость подтверждена актами внедрения результатов в учебный процесс Таразского университета имени М.Х. Дулати, КазНУ имени К.И. Сатпаева и Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, где материалы используются при преподавании дисциплин, связанных с возобновляемой энергетикой.
		9.3 Предложения для практики являются новыми: 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	1) полностью новые. Предложенная схема каскадного использования тепла конденсатора ОЦР для теплоснабжения теплиц (до 17 га) либо сушки 29840–44760 тыс. т/год сельхозпродукции подкреплена технико-экономическими расчётами и ранее для геотермальных установок Казахстана не предлагалась.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	1) высокое. Материал диссертации изложен последовательно и в логически завершённой форме. Автор придерживается требований академического стиля, а оформление работы соответствует установленным нормативным требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD).
11.	Замечания к диссертации	1. Раздел, посвящённый сравнению рабочих жидкостей, целесообразно дополнить более подробным обсуждением критериев их выбора применительно к различным диапазонам температур геотермальных источников. 2. В связи с отсутствием действующей экспериментальной бинарной геотермальной установки в Казахстане разработанная термодинамическая модель не прошла прямую экспериментальную валидацию на исследуемых скважинах. В дальнейших исследованиях целесообразно выполнить экспериментальную проверку расчётных характеристик на пилотной установке. Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают научной ценности и общей положительной оценки диссертации.	
12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	По результатам диссертационного исследования опубликовано 11 научных работ, среди которых 5 статей в журналах, индексируемых Scopus (1 – Q1, 4 – Q2), 2 статьи в изданиях, рекомендованных КОКНВО МНВО РК, 3 материала международных научных конференций и 1 патент Республики Казахстан на полезную модель. Публикации достаточно полно отражают содержание диссертации и подтверждают научную состоятельность полученных результатов.	

13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Представленная диссертация Абдлахатовой Назым Шохадляевны является завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-практическая задача повышения энергоэффективности автономных потребителей посредством применения бинарной геотермальной энергоустановки. Полученные результаты обладают научной новизной, имеют практическую значимость и соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D08702 «Энергообеспечение сельского хозяйства». Считаю, что автор заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD).
-----	--	--

Официальный рецензент:

PhD, ассоциированный профессор,
заведующий кафедрой «Энергетика»,
НАО «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева»



(подпись, фамилия, имя, отчество)

Сарсенбаев Ерлан Алиаскарович

дата «24» 08 2026года