

ОТЗЫВ

официального оппонента Половникова Вячеслава Юрьевича

на диссертацию Чермошенцевой Аллы Анатольевны

«Развитие научных основ определения параметров гидрогазодинамических процессов при добыче двухфазных геотермальных флюидов», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Диссертационная работа Чермошенцевой А.А. объемом 311 страниц включает в себя введение, семь глав, заключение, список литературы, четыре приложения.

Актуальность. В настоящее время достаточное количество элементов критических технологий Российской Федерации базируется на использовании нормативных документов, разработанных несколько десятилетий назад. Например, в промышленной теплоэнергетике одним из таких документов является СНиП 41-03-2003 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», а в области геотермальных технологий – это действующие «Правила разработки месторождений теплоэнергетических вод» ПБ 07-599-03, утвержденные в 2003 году. Эти и многие другие подобные документы созданы на основе достижений науки и техники прошлого столетия и не соответствуют текущему уровню развития.

Известно, что перспективным для практики на современном этапе борьбы за эффективность в производстве и социальной сфере является переход от очень простых (балансовых) оценочных подходов к математическим моделям в виде систем нестационарных нелинейных дифференциальных уравнений, обеспечивающим не только более надежный прогноз режимов и условий работы различных систем, но также и базу для поиска новых технических и технологических решений в исследуемых областях.

Поэтому диссертационное исследование А.А. Чермошенцевой, цель которого состоит в разработке отвечающих современным запросам научных основ описания гидрогазодинамических процессов в добычных скважинах и системах наземной транспортировки на месторождениях парогидротерм, является **актуальным** и направлено на решение важной государственной проблемы.

Анализ содержания работы. В представленной на отзыв диссертации автором рассмотрены в качестве объектов исследований добычные геотермальные скважины и системы наземной транспортировки геотермальных флюидов. Работа отличается большой информационной насыщенностью. Диссертантом предложен новый подход к моделированию течения в добычной скважине на месторождении парогидротерм. Показано, что применение этого подхода дает в среднем в 2,5 раза меньшее отклонение от результатов измерений давлений по глубине работающих скважин Паужетского месторождения.

Автором показаны ограничения, условия и возможность стабилизирующего эффекта от процесса дросселирования при эксплуатации добычных скважин на месторождениях парогидротерм.

Следует особенно отметить глубину проработки важнейшего вопроса, связанного с оценкой изменения производительности добычных скважин Паужетского месторождения, которое сопровождается снижением давления и сопутствующей опасностью гидротермальных взрывов.

Соискателем доказана целесообразность и необходимость (при существенных уклонах трубопроводов или низких скоростях потоков) учета гравитационной составляющей градиента давления при описании пароводяного течения в наземных трубопроводах на геотермальных месторождениях.

В работе описаны ограничения расчетного определения фильтрационных характеристик питающего пласта пароводяной скважины по данным измерений на устье. Указано, что для скважин Паужетского и Мутновского

месторождений, эксплуатируемых в настоящее время, такой способ неприемлем.

Научная новизна представленной работы заключается в том, что, на основе разработанных научных основ описания гидрогазодинамических процессов в добычных геотермальных скважинах и системах наземной транспортировки парогидротерм, впервые выявлены определяющие механизмы и установлены возможные режимы протекания исследуемых процессов в условиях реальной эксплуатации месторождений парогидротерм.

На основе разработанного подхода к анализу гидрогазодинамических процессов в добычных геотермальных скважинах и системах наземной транспортировки парогидротерм установлены:

возможность описания критического истечения пароводяной смеси на основе гипотезы о неоднородности поля скоростей, распределения фаз и давлений в сечении канала при формировании критического потока;

наличие гравитационной неустойчивости пароводяного течения в добычных скважинах, выявлены особенности ее проявления;

снижение давления в термоводоносном комплексе Паужетского месторождения парогидротерм;

возможность определения фильтрационных характеристик питающего пласта по данным измерений на устье добычных скважин месторождений парогидротерм.

Подход Чермошенцевой А.А. отличается от известных подходов к созданию научных основ описания гидрогазодинамических процессов в добычных скважинах и системах наземной транспортировки на месторождениях парогидротерм тем, что в нем учтены все основные значимые факторы и процессы, приводящие к интенсификации процессов переноса. Использование этого подхода позволит повсеместно внедрять энергосберегающие технологии добычи и транспортировки геотермальных флюидов. Эти перспективные технологии имеют большое экономическое

значение, так как позволят минимизировать затраты при проектировании, модернизации или реконструкции месторождений парогидротерм.

Научные положения, выносимые на защиту, обладают признаками **научной новизны** и соответствуют поставленной цели и задачам исследования, сформулированным в тексте диссертационной работы.

Основной **прикладной результат** диссертации Чермошенцевой А.А. – прогностический математический аппарат, позволяющий определять необходимые и достаточные условия для эффективной работы геотермальных добычных скважин и наземных трубопроводов пароводяной смеси.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Достоверность полученных в работе результатов сомнений не вызывает, так как в диссертации применяются обоснованные подходы к моделированию физических процессов, используется строгий математический аппарат, результаты численных экспериментов сопоставлены с экспериментальными данными, в предельных случаях – с результатами других исследователей. Результаты работы внедрены и используются в учебном процессе Камчатского государственного технического университета и в профильных организациях, занимающихся геотермальными технологиями.

Личный вклад соискателя, апробация работы и подтверждение опубликованных основных положений работы. Основные теоретические положения и результаты диссертации докладывались на научных мероприятиях различного уровня, в том числе на Всемирном геотермальном конгрессе (г. Пекин, Китай, 2023 г.). По теме диссертации автором опубликовано 70 работ, в том числе 37 статей в ведущих журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора наук, 11 статей в изданиях, индексируемых

международными базами WoS и Scopus, а также 8 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ и 2 монографии.

В диссертации четко обозначен личный вклад соискателя с указанием вклада коллег и научного консультанта, имеются необходимые ссылки и отмечены результаты использования научных работ, выполненные автором лично или в соавторстве.

Представленная на отзыв диссертационная работа выполнена на высоком профессиональном уровне, очевиден **вклад автора** в развитие научных основ описания гидргазодинамических процессов в добычных скважинах и системах наземной транспортировки на месторождениях парогидротерм и методической базы их практического применения.

Чермошнцева А.А. является основным исполнителем по инициативным проектам РФФИ; госбюджетным темам КамчатГТУ; хоздоговорам с ОАО «Геотерм» (в настоящее время Филиал ПАО «Камчатскэнерго» Возобновляемая энергетика). В 2021 г. Чермошнцева А.А. удостоена первой премии в Международном конкурсе научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие топливно-энергетической и добывающей отраслей. Эти факты дополнительно подтверждают актуальность, научную новизну и практическую значимость рассматриваемой работы, и высокую квалификацию автора.

Вместе с тем по представленной диссертационной работе имеется несколько **замечаний**:

1. Желательно более подробное описание методов решения задач, сеточных параметров, погрешностей.
2. Нет обоснования использования граничного условия первого рода при решении задачи о распределении температур в массиве горных пород окружающих геотермальную скважину.
3. Не описаны положения о выборе длины короткого трубопровода при исследованиях транспортировки пароводяной смеси на геотермальных месторождениях.

4. В работе не обсуждается влияние тепловых потерь при транспортировке пароводяной смеси, возможной при этом конденсации пара в трубопроводе.

5. Автор указывает, что созданные модели ориентированы, прежде всего, на отечественные условия (автореферат стр.18). Считаю, что это проявление скромности, а предложенные в диссертации подходы могут использоваться повсеместно.

Заключение

Приведенные выше замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы А.А. Чермошенцевой. Содержание работы, а именно, результаты и выводы, полученные Чермошенцевой А.А., в представленной диссертационной работе позволяют судить о том, что на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения и подходы, которые в совокупности можно квалифицировать как решение комплексной научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение, в области создания научных основ описания гидрогазодинамических процессов в добычных скважинах и системах наземной транспортировки на месторождениях парогидротерм, а также развитии методической базы их практического применения.

Диссертационная работа Чермошенцевой А.А. на тему «Развитие научных основ определения параметров гидрогазодинамических процессов при добыче двухфазных геотермальных флюидов» представляет собой завершённое исследование, содержит новые научные результаты и положения, является научно-квалифицированной работой, обладающей научной новизной. Основные положения диссертации отражены в публикациях автора в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Содержание автореферата в полной степени отражает основные положения и выводы диссертации.

На основании изложенного можно сделать заключения о том, что диссертационная работа А.А. Чермошенцевой «Развитие научных основ определения параметров гидрогазодинамических процессов при добыче двухфазных геотермальных флюидов» соответствует требованиям, предъявляемым пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 16.10.2024) «О порядке присуждения ученых степеней» (вместе с «Положением о присуждении ученых степеней») (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025) к докторским диссертациям, а ее автор Чермошенцева Алла Анатольевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Официальный оппонент
Профессор НОЦ И.Н. Бутакова
Инженерной школы энергетики
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»,
доктор технических наук,
01.04.14 «Теплофизика и теоретическая
теплотехника» (технические науки)


25.03.25

Половников Вячеслав Юрьевич

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, д.30
Тел.: +7 (3822) 701777 Вн.т. 1656
E-mail: polovnikov@tpu.ru
<http://www.tpu.ru>

Подпись Половникова В.Ю. заверяю:

И.о. ученого секретаря
Ученого совета ТПУ



Новикова Валерия Дмитриевна