

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.478.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ХАБАРОВСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 01.03.2023 г. № 2

О присуждении Варламовой Наталье Николаевне, гражданке РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение устойчивости парлифтной добычи флюида с двухфазной транспортировкой на геотермальном месторождении» по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика принята к защите 15.12.2022 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.1.478.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 680000, г. Хабаровск, ул. Дзержинского, 54, приказ Минобрнауки РФ от 12 октября 2022 г. № 1167/нк.

Соискатель Варламова Наталья Николаевна, 31 июля 1992 года рождения.

В 2014 году соискатель окончила Дальневосточный государственный университет путей сообщения по специальности «Водоснабжение и водоотведение». В 2020 г. закончила обучение в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика. Работает младшим научным сотрудником Института горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук, министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории «Геотехнологии и горной теплофизики» Института горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук, министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Шулюпин Александр Николаевич, Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук, административно-управленческий персонал, директор.

Официальные оппоненты:

– Пашкевич Роман Игнатьевич, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук (НИГТЦ ДВО РАН), директор;

– Попов Владимир Иванович, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (ИГДС СО РАН), лаборатория горной теплофизики, старший научный сотрудник дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИВиС ДВО РАН), г. Петропавловск-Камчатский, в своём положительном отзыве, утверждённом Озеровым Алексеем Юрьевичем – член-корреспондентом РАН, доктором технических наук, директором ИВиС ДВО РАН, подписанным Поляковым Андреем Юрьевичем – кандидатом геолого-минералогических наук, лаборатории тепломассопереноса, и.о. заведующего лабораторией и Делеменем Иваном Федоровичем – кандидатом геолого-минералогических наук, лаборатории тепломассопереноса, старшим научным сотрудником, указала, что «диссертация Н.Н. Варламовой на тему «Повышение устойчивости парлифтной добычи флюида с двухфазной транспортировкой на геотермальном месторождении», несмотря на отмеченные недостатки, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Выдвинутые на защиту положения обоснованы и доказаны. Материалы диссертации апробированы на совещаниях и конференциях, и представлены в печатных изданиях.

Качество и полнота изложения материала диссертации соответствуют положениям ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Автореферат и опубликованные труды отражают основное содержание диссертации и полученные в ней результаты.

Диссертационная работа соответствует специальности 2.8.6 — «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» и требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а ее автор, Варламова Наталья Николаевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук».

Соискатель имеет 17 опубликованных работ (в том числе 12 в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования РФ, из которых 6 работ в научных изданиях, индексируемых в базах Scopus и Web of Science), 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

В опубликованных материалах, общим объемом 7,1 п.л., отражены идея и основные положения диссертационной работы. Авторский вклад соискателя в публикациях, объемом 3,7 п.л., состоял в проведении численных исследований по выявлению взаимосвязи давления и энтальпии флюида в питающем пласте с подъемной способностью парлифта и факторов, определяющих его предельные возможности; разработке процедуры расчета истинного объемного паросодержания; проведении тестовых испытаний разрабатываемых вариантов при создании новой математической модели пароводяного течения в наземных трубопроводах на геотермальных

месторождениях, учитывающей гравитационную составляющую перепада давления; исследовании влияния рельефа трассы трубопровода и мест расположения на нем местных сопротивлений на устойчивость пароводяного течения при освоении геотермальных месторождений.

Наиболее значительные работы:

1. Шулюпин А.Н., Чермошенцева А.А., Варламова Н.Н. Новые вызовы при освоении месторождений парогидротерм с транспортировкой пароводяной смеси // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 2. С. 43–49.

2. Васянович Ю.А., Шулюпин А.Н., Варламова Н.Н. Оценка предельного пластового давления для парлифтной добычи флюида на Мутновском геотермальном месторождении // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. S30. С. 25–32.

3. Shulyupin A.A., Chermoshentseva A.A., Varlamova N.N. A new program for the hydraulic calculation of steam-water mixture pipelines in geothermal fields // E3S Web of Conferences, «8th International Scientific Conference "Problems of Complex Development of Georesources", PCDG 2020». 2020. № 04004. 7 p.

4. Шулюпин А.Н., Варламова Н.Н. Современные тенденции в освоении геотермальных ресурсов // Георесурсы. 2020. Т. 22. № 4. С. 113–122.

5. Шулюпин А.Н., Варламова Н.Н. Определение истинного объемного паросодержания при гидравлическом расчете трубопроводов пароводяной геотермальной смеси // Теплоэнергетика. 2021. № 5. С. 72–77.

На диссертацию и автореферат поступило 9 положительных отзывов, содержащих следующие замечания:

1. В отзыве доцента кафедры «Физика и высшая математика» Камчатского государственного технического университета (г. Петропавловск-Камчатский), кандидата технических наук Чермошенцевой Аллы Анатольевны сделано следующее замечание: В качестве замечания следует отметить имеющиеся в работе некоторые опечатки, не влияющие на ее значимость.

2. В отзыве декана технологического факультета Камчатского государственного технического университета (г. Петропавловск-Камчатский), доцента, кандидата географических наук Хорошман Лолитты Михайловны сделано замечание: недостаточно уделено внимания экологическим аспектам исследуемых процессов и технологий. Вместе с тем, именно вопросы экологии были одними из важнейших при принятии решения о двухфазной транспортировке флюида на Мутновском месторождении.

3. В отзыве старшего научного сотрудника лаборатории горной теплофизики Института горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН (г. Якутск), кандидата технических наук Соловьёва Дмитрия Егоровича, старшего научного сотрудника лаборатории горной теплофизики Института горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН (г. Якутск), кандидата технических наук Киселева Валерия Васильевича имеются замечания: Несколько сжато приведено описание разработанной математической модели. Не совсем понятно, какие параметры геотермального месторождения являются основными, определяющими возможность и рентабельность освоения и разработки в режиме парлифта? Не понятно, что собой представляют натурные данные (стр. 5) и по какой методике производился их сбор?

4. В отзыве заведующего кафедрой «Автомобильные дороги» Тихоокеанского государственного университета (г. Хабаровск), доцента, кандидата технических наук Каменчукова Алексея Викторовича имеются следующие замечания: Не все задачи исследования раскрыты в выводах в полном объеме, например, в выводе по первой задаче

нет акцента и деления на отечественный и зарубежный опыт. В примечаниях к рисунку 2 не указано значение заштрихованной области.

5. В отзыве профессора НОЦ И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики ФГАОУ ВО «Национального исследовательского Томского политехнического университета» (г. Томск) доктора технических наук, Половникова Вячеслава Юрьевича сделано следующее замечание: Автор отмечает, что на подъемную способность парлифта существенно влияет энтальпия флюида и объясняет это изменением пластового давления, зависящего от температуры. При этом в автореферате не раскрыто: как вычисляются тепловые потери, приводящие к снижению температуры теплоносителя?

6. В отзыве заместителя директора по научной работе Технического института (филиала) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова в г. Нерюнгри (г. Нерюнгри), профессора, доктора технических наук Гриба Николая Николаевича отмечено: по нашему мнению, обоснованность и достоверность научных положений, выводов в технических исследованиях, определяются статистической обработкой полученных результатов, а не вербальным описанием подходов, которые были использованы при решении поставленных задач.

7. В отзыве профессора кафедры «Мосты, тоннели и подземные сооружения» Дальневосточного государственного университета путей сообщения (г. Хабаровск), доктора геолого-минералогических наук Квашука Сергея Владимировича, заведующего кафедрой «Гидравлика и водоснабжение» Дальневосточного государственного университета путей сообщения (г. Хабаровск), доцента, кандидата технических наук Акимова Олега Владимировича отмечается: возможно, в четвертой главе для исследования влияния местных сопротивлений на индекс устойчивости целесообразно было бы провести дополнительное исследование трубопровода с иными характеристиками.

8. В отзыве заведующего кафедрой «Техносферная безопасность» Дальневосточного государственного университета путей сообщения (г. Хабаровск), профессора, доктора биологических наук Ахтямова Мидхата Хайдаровича, профессора кафедры «Техносферная безопасность» Дальневосточного государственного университета путей сообщения (г. Хабаровск), доктора технических наук Катина Виктора Дмитриевича отмечается: на стр. 20 первый вывод по диссертации носит общеизвестный и информативный характер.

9. В отзыве главного научного сотрудника лаборатории тепломассопереноса Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский), профессора, доктора геолого-минералогических наук Кирюхина Алексея Владимировича сделано следующее замечание: (1) В а/р широко используется термин (понятие) «устойчивость» работы пароводяных скважин (трубопроводов), которое, «согласно современным исследованиям, выглядит как» формула (1) в а/р. Но эта формула лишена физического смысла, если давление в резервуаре (пластовое давление) меньше, чем забойное давление в скважине. Отсюда вытекает, что в критерий устойчивости работы пароводяных скважин (трубопроводов) должно также входить давление в резервуаре (пластовое давление).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием профиля научных работ оппонентов и сотрудников ведущей организации направлению научных исследований диссертационной работы, обеспечением выполнения требований пунктов 22 и 24 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г.

Официальный оппонент Пашкевич Роман Игнатьевич является известным и заслуженным специалистом и учёным в области горной теплофизики, его научные исследования охватывают и вопросы освоения геотермальных месторождений. В публикациях освещены важные для защищаемой диссертации вопросы изучения изменения параметров добычных скважин в ходе эксплуатации геотермальных месторождений, а также влияния различных факторов на режим работы добычных геотермальных скважин. За последние 5 лет им опубликовано 6 научных работ по темам исследований, близким к задачам, решаемым в диссертационной работе Варламовой Н.Н.

Официальный оппонент Попов Владимир Иванович – учёный в области математического моделирования, выполняющий исследования в широко известном Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Институте горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (ИГДС СО РАН), в лаборатории горной теплофизики. Его научные публикации касаются различных вопросов моделирования тепломассообменных процессов. В представленных им публикациях освещены важные для защищаемой диссертации вопросы прогнозирования режимных параметров горного оборудования при тепло- и массообмене. За последние 5 лет им опубликовано 5 научных работ по темам исследований, близким к задачам, решаемым в диссертационной работе Варламовой Н.Н.

Выбор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Петропавловск-Камчатский, в качестве **ведущей организации** обосновывается наличием в структуре данного учреждения исследовательской лаборатории тепломассопереноса, а также специалистов-учёных, в том числе – докторов наук, профессоров, продуктивно занимающихся научной деятельностью и характеризующихся публикационной активностью в области освоения геотермальных месторождений и разработки моделей геотермальных процессов. Учреждение активно ведёт научно-исследовательские работы применительно к проблемам прогноза производительности геотермальных скважин.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана процедура расчета истинного объемного паросодержания для определения плотности смеси при моделировании пароводяного течения в трубопроводах на геотермальных месторождениях, основанная на традиционной «модели дрейфа» для восходящих потоков, а для нисходящих потоков – на ее модификации, определяющей скорость не газовой, а жидкой фазы;

предложено подтвержденное экспериментальными данными новое понимание механизма возникновения неустойчивости в геотермальной скважине, заключающееся в том, что трубопровод может выступать как стабилизирующим, так и дестабилизирующим фактором режима ее работы;

доказано существование гравитационной неустойчивости пароводяного течения в условиях освоения геотермальных месторождений, в частности, для Мутновского месторождения, возникновение неустойчивости характеризуется скоростями транспортировки менее 20,7 м/с.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что:

доказано влияние режима эксплуатации и геометрических характеристик трубопровода пароводяной смеси на устойчивость добычи геотермального флюида в режиме парлифта;

применительно к проблематике диссертации эффективно использован комплекс научных методов исследований: анализ и обобщение данных по испытанию добычных скважин и эксплуатации наземных трубопроводов пароводяной смеси при разработке месторождений парогидротерм, теоретическое обоснование расчета гравитационной составляющей перепада давления в трубопроводе пароводяной смеси в условиях освоения геотермальных месторождений, математическое моделирование пароводяного течения в скважине и наземном трубопроводе, сопоставление расчетных и опытных данных по перепадам давления в действующем трубопроводе пароводяной смеси;

изложены положения, основанные на исследовании зависимости предельного пластового давления от энтальпии флюида, выявившем существенную зависимость подъемной способности парлифта от данного параметра;

раскрыто решение задачи выявления влияния режима эксплуатации и геометрических характеристик трубопровода пароводяной смеси на устойчивость добычи геотермального флюида в режиме парлифта;

изучены современные отечественные и мировые тенденции в освоении геотермальных ресурсов; механизмы возникновения и развития неустойчивости режима работы добычной скважины в режиме парлифта; факторы, обеспечивающие устойчивую работу системы добычи и транспортировки пароводяного флюида;

проведена модернизация представления о создании благоприятных условий для транспортировки пароводяной смеси, способствующих предотвращению развития неустойчивости режима парлифтной добычи геотермального флюида.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены практические рекомендации по расчету систем транспортировки пароводяной смеси и их проектированию, направленные на обеспечение устойчивого режима работы системы добычи и транспортировки геотермального флюида, которые реализованы в Филиале ПАО «Камчатскэнерго» Возобновляемая энергетика в рамках хоздоговоров;

определены условия существования парлифта и зависимость его подъемной способности от энтальпии флюида;

созданы программа расчета трубопроводов пароводяной смеси, рассчитанная на широкий диапазон скоростей потока, а также учитывающая гравитационную составляющую перепада давления; научная основа для принятия оптимальных решений в процессе проектирования и реконструкции трубопроводов пароводяной смеси;

представлены результаты численного исследования влияния наклона, диаметра и рельефа трассы трубопровода, местных сопротивлений на устойчивость режима работы системы добычи и транспортировки флюида.

Оценка достоверности результатов исследования выявила хорошее согласование предложенной модели, реализованной в компьютерной программе SWIP-S, с расчетом по программе MODEL в типовых условиях ее применения, которая в указанных условиях хорошо согласуется с опытными данными, а в нетиповых условиях – с опытными данными по трубопроводу от скважины Гео-1 на Мутновском месторождении парогидротерм. Кроме программы SWIP-S в работе использован комплекс методов исследований механизма возникновения неустойчивости в системе добычи и транспортировки геотермального флюида с двухфазной транспортировкой, включая численное исследование с использованием программы WELL-4, ранее доказавшей свою адекватность при решении ряда задач, связанных с расчетом пароводяного течения в добычных скважинах.

Личный вклад соискателя состоит в:

проведении численных исследований по выявлению взаимосвязи давления и энтальпии флюида в питающем пласте с подъемной способностью парлифта и факторов, определяющих его предельные возможности; разработке процедуры расчета истинного объемного паросодержания для определения плотности смеси в гравитационной составляющей перепада давления при моделировании пароводяного течения в трубопроводах на геотермальных месторождениях; проведении тестовых испытаний разрабатываемых вариантов при создании новой математической модели пароводяного течения в наземных трубопроводах на геотермальных месторождениях, учитывающей гравитационную составляющую перепада давления; исследовании, на основе математического моделирования с использованием новой модели, влияния рельефа трассы трубопровода и мест расположения на нем местных сопротивлений на устойчивость пароводяного течения при освоении геотермальных месторождений; обосновании практических рекомендаций по созданию благоприятных условий для транспортировки пароводяной смеси, способствующих предотвращению развития неустойчивости режима парлифтной добычи геотермального флюида.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

в предложенной модели расчета трубопровода при транспортировке пароводяной смеси не учитывается температура окружающей среды; стоило отметить вопрос о стоимости электроэнергии и о возможности отопления жилых помещений; при дальнейших исследованиях необходимо проводить верификацию программ при большем наборе статистических данных; возможно, стоит рассмотреть вопрос получения тепла Земли из более глубоких скважин.

Соискатель Варламова Н.Н. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию, показав понимание сути исследуемой проблемы; с отдельными замечаниями соискатель согласился.

На заседании 01 марта 2023 г. диссертационный совет принял решение за решение актуальной научной задачи обоснования комплекса мер для повышения устойчивости парлифтной добычи флюида с двухфазной транспортировкой на геотермальном месторождении, имеющей значение для развития горной теплофизики, присудить Варламовой Н.Н. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **14** человек, из них **5** докторов наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика, участвовавших в заседании, из **18** человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту **0** человек, проголосовали: за – **14**, против – **0**, недействительных бюллетеней – **0**.

Председатель
диссертационного совета

Учёный секретарь
диссертационного совета

03 марта 2023 г.
МП

Рассказов Игорь Юрьевич

Корнеева Светлана Ивановна

