



УТВЕРЖДАЮ:
Директор ПФИЦ УрО РАН,
чл.-корр. РАН

Баряж
«17» апреля 2019 г.

А.А. Баряж

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Пермский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения Российской академии наук
(ПФИЦ УрО РАН)

Диссертация «Разработка автоматизированной системы термометрического контроля ледопородных ограждений» выполнена в отделе аэрологии и теплофизики «Горного института Уральского отделения Российской академии наук» – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук («ГИ УрО РАН»).

В 2016 году соискатель окончил Пермский национальный исследовательский политехнический университет по специальности 130401.65 «Физические процессы горного или нефтегазового производства». С 2016 по 2019 гг. соискатель обучался в аспирантуре «ГИ УрО РАН» по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэrogазодинамика и горная теплофизика». Удостоверение № 21 о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2019 г. «ГИ УрО РАН».

В период подготовки диссертации соискатель Паршаков Олег Сергеевич работал в «ГИ УрО РАН» в должности младшего научного сотрудника.

Научный руководитель – заведующий отделом аэрологии и теплофизики «ГИ УрО РАН», доктор технических наук, профессор Левин Лев Юрьевич.

По результатам рассмотрения диссертации Паршакова Олега Сергеевича «Разработка автоматизированной системы термометрического контроля ледопородных ограждений» принято следующее заключение.

I. Основные результаты работы

В диссертационной работе на основании выполненных соискателем исследований решена актуальная задача повышения эффективности строительства шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях способом искусственного замораживания горных пород.

К основным результатам работы можно отнести следующее:

1. Разработан алгоритм калибровки теплофизических свойств обводненных горных пород, основанный на численном решении обратной задачи Стефана с выделенным комплексом независимых параметров задачи.
2. Обоснованы технологические параметры способа термометрического контроля замораживаемого участка породного массива с учетом экспериментальных исследований и решения задачи оптимизации размещения контрольно-термических скважин.
3. Разработана автоматизированная система контроля формирования и состояния ледопородных ограждений, основанная на интеграции экспериментальных измерений температуры горных пород и метода решения обратной задачи Стефана.

II. Актуальность

За последние годы, ввиду несовершенства существующих способов контроля ледопородного ограждения и недостаточной точности расчетов его параметров, при строительстве шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях на таких горных предприятиях, как Гремячинский ГОК — ОАО МХК «ЕвроХим», Гарлыкский ГОК — ГК «Туркменхимия», рудоуправления Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей имели место аварийные ситуации. Это приводило к затоплению шахтных стволов, снижению безопасности ведения горных работ, увеличению сроков строительства и появлению дополнительных финансовых затрат. Для предотвращения аварийных ситуаций в период всего срока строительства шахтных стволов в интервале обводненного породного массива целесообразно разработать новый способ контроля ледопородных ограждений, основанный на применении оптоволоконной технологии и математической интерпретации результатов термометрии контрольных скважин. Способ контроля позволит по ограниченной информации о температуре горных пород в отдельных скважинах определять температурное поле во всем объеме замораживаемого участка породного массива.

Вышеперечисленные обстоятельства указывают на актуальность разработки совокупности математических методов, программных средств и технологических параметров построения системы термометрического контроля формирования и состояния ледопородного ограждения, позволяющих обеспечить эффективность строительства шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях, а также повысить безопасность ведения горных работ.

III. Связь работы с крупными научными программами и темами

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами научных исследований «ГИ УрО РАН», проводившихся в период с 2018 г. по 2019 г. по теме «Исследование и разработка систем контроля и управления термодинамическими и аэрологическими процессами в рудничной атмосфере и массивах горных пород при строительстве и эксплуатации горных предприятий в сложных горнотехнических условиях», а также с тематикой хоздоговорных работ с предприятиями ОАО «Беларуськалий», ЗАО «ВКК» и ИООО «Славкалий». С 2017 г. по 2019 г. исследования по теме диссертации поддержаны Российским научным фондом (проект № 17-11-01204 «Структурно-энергетические модели деформирования и разрушения природных и искусственных материалов в условиях Арктических температур»).

IV. Личный вклад соискателя

При непосредственном участии автора проведены: постановка задач, разработка математических моделей, экспериментальные исследования процессов формирования и состояния ледопородных ограждений строящихся шахтных стволов, анализ и обработка полученных данных, теоретические исследования и создание программных продуктов, выполнение расчетов и численных экспериментов, разработка научных решений и их практическая реализация, сформулированы основные научные положения и выводы.

V. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

подтверждается соответствием фундаментальным физическим законам, сопоставимостью результатов численных решений и натурных измерений, соответствием приведенных результатов данным, полученным другими авторами, значительным объемом экспериментальных исследований процессов формирования и состояния ледопородных ограждений строящихся шахтных стволов, положительными результатами верификации разработанных математических моделей.

VI. Научная новизна работы

1. Произведен выбор параметров калибровки математической модели из множества теплофизических свойств горных пород, от которых зависит распределение температуры в породном массиве и концентрации объемной доли льда в порах.
2. Разработан способ контроля термодинамических процессов, происходящих в обводненном породном массиве в условиях его искусственного замораживания, основанный на решении обратной задачи Стефана для горизонтального слоя влагонасыщенных горных пород.

3. Исследовано влияние выхода из строя замораживающих колонок на распределение температуры в слое замораживаемой горной породы.
4. Выполнено обоснование технологических параметров способа термометрического контроля замораживаемого породного массива, влияющих на точность расчета его температурного поля и обеспечивающих получение достоверной информации о параметрах ледопородного ограждения строящегося шахтного ствола в сложных гидрогеологических условиях.

VII. Значение полученных результатов исследования для практики

Полученные в диссертационной работе результаты позволяют осуществлять проектирование автоматизированных систем термометрического контроля формирования и состояния ледопородных ограждений, а также производить непрерывный и оперативный контроль их параметров, обеспечивающих безопасность ведения горных работ при строительстве шахтных стволов в сложных геологических и гидрогеологических условиях.

VIII. Реализация результатов исследований

На основании результатов работы разработано программное обеспечение «FrozenWall», функциональные возможности которого позволяют вывести на качественно новый уровень контроль термодинамических процессов, происходящих в породном массиве в условиях его искусственного замораживания.

Система термометрического контроля ледопородных ограждений строящихся шахтных стволов реализована на рудниках Петриковского ГОК ОАО «Беларуськалий», Нежинского ГОК ИООО «Славкалий» и Талицкого ГОК ЗАО «ВКК». При помощи системы контроля для горных предприятий ежесуточно формировались отчеты о состоянии ледопородного ограждения, на основании которых принимались решения о возможности начала проходки шахтных стволов, осуществлялась выдача заключений о достижении ледопородным ограждением сплошности и минимально требуемой толщины, предоставлялись рекомендации по корректировке параметров работы замораживающих станций, а также выполнялся прогноз с учетом различных технологических факторов, влияющих на состояние ледопородного ограждения.

Полученные результаты исследований включены в Инструкцию по расчету параметров, контролю и управлению искусственным замораживанием горных пород при строительстве шахтных стволов на калийных рудниках ОАО «Беларуськалий».

IX. Апробация работы

Научные положения и основные результаты исследований докладывались и обсуждались на III Международной научно-практической конференции «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке» (Санкт-Петербург, СПбГУ, 2016 г.), на ежегодных научных сессиях «ГИ УрО РАН» «Стратегия и процессы освоения георесурсов» (Пермь, «ГИ УрО РАН», 2017 — 2019 гг.), на международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (Москва, МИСиС, 2017 — 2018 гг.), на XI Международном симпозиуме по проблемам инженерного мерзлотоведения (Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2017 г.), на II Всероссийской конференции «Оптическая рефлектометрия-2018» (Пермь, Лаборатория фотоники ПФИЦ УрО РАН, 2018 г.), на «Зимней школе по механике сплошных сред» (Пермь, «ИМСС УрО РАН», 2017 г., 2019 г.).

X. Публикации

По теме диссертационной работы опубликованы 10 печатных работ, в том числе 5 в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации, из них 3 в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, получено свидетельство о государственной регистрации программы «FrozenWall» для ЭВМ № 2018666337.

публикации в изданиях, утвержденные Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации

1. Левин, Л.Ю. Контроль формирования и состояния ледопородного ограждения строящихся стволов Петриковского ГОК на основе оптоволоконной термометрической технологии / Л.Ю. Левин, А.В. Зайцев, О.С. Паршаков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. Т. 1. № 5-1. — С. 129 — 136.
2. Левин, Л.Ю. Математический метод прогнозирования толщины ледопородного ограждения при проходке стволов / Л.Ю. Левин, М.А. Семин, О.С. Паршаков // ФТПРПИ. Новосибирск, 2017. — С. 154 — 161.
3. Левин, Л.Ю. Метод решения обратной задачи Стефана для контроля состояния ледопородного ограждения при проходке шахтных стволов / Л.Ю. Левин, М.А. Семин, О.С. Паршаков, Е.В. Колесов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело. 2017. Т. 16. — С. 255 — 267.

4. Левин, Л.Ю. Оптимизация процессов формирования ледопородного ограждения при сооружении шахтных стволов / Л.Ю. Левин, И.И. Головатый, Д.А. Диулин, О.С. Паршаков // Горный журнал. Издательство «Руда и металлы». 2018. № 8. — С. 48 — 53.
5. Левин, Л.Ю. Совершенствование методов прогнозирования состояния ледопородного ограждения строящихся шахтных стволов с использованием распределенных измерений температуры в контрольных скважинах / Л.Ю. Левин, М.А. Семин, О.С. Паршаков // Записки Горного института. 2019. Т. 237. — с. 268 — 274.

патенты и свидетельства об официальной регистрации

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: № 2018666337. «FrozenWall». / Богомягков А.В., Зайцев А.В., Клюкин Ю.А., Левин Л.Ю., Паршаков О.С., Пугин А.В., Семин М.А. // заявитель и правообладатель: ПФИЦ УрО РАН. — № 2018663501 заявл. 28.11.2018. опубл. 17.12.2018. Реестр программ для ЭВМ. — 1 с.

публикации в других изданиях

7. Паршаков, О.С. Разработка способа контроля формирования и состояния ледопородного ограждения шахтных стволов / О.С. Паршаков // Стратегия и процессы освоения георесурсов. ГИ УрО РАН. Пермь. 2017. — С. 288 — 292.
8. Левин, Л.Ю. Экспериментальные измерения температуры породного массива с использованием оптоволоконной технологии для анализа формирования ледопородного ограждения шахтных стволов / Л.Ю. Левин, О.А. Плехов, И.А. Пантелеев, О.С. Паршаков // Материалы XI Международного симпозиума по проблемам инженерного мерзлотоведения. 2017. — С. 292 — 293.
9. Паршаков, О.С. Контроль и управление состоянием ледопородных ограждений при строительстве шахтных стволов / О.С. Паршаков // Стратегия и процессы освоения георесурсов. ГИ УрО РАН. Пермь. 2018. — С. 266 — 271.
10. Паршаков, О.С. Применение оптоволоконной термометрии в горном деле / О.С. Паршаков, Д.С. Кормщикова // Сборник тезисов II Всероссийской конференции. Пермь. 2018. — с. 33 — 35.
11. Паршаков, О.С. Обзор аварийных ситуаций при строительстве шахтных стволов специальным способом искусственного замораживания горных пород / О.С. Паршаков // Горное эхо. Горный институт УрО РАН. № 2 (75). 2019. — С. 89 — 91.

Диссертационная работа Паршакова О.С. «Разработка автоматизированной системы термометрического контроля ледопородных ограждений» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной задачи, связанной с разработкой способа контроля состояния замораживаемого участка породного массива при строительстве шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях.

Диссертация Паршакова Олега Сергеевича «Разработка автоматизированной системы термометрического контроля ледопородных ограждений» соответствует требованиям, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации к кандидатским диссертациям, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэrogазодинамика и горная теплофизика».

Заключение принято на заседании Ученого совета «Горного института Уральского отделения Российской академии наук» – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук. Присутствовало на заседании 14 человек. Результаты голосования: «за» – 14 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 4 от 16 апреля 2019 г.

Ученый секретарь «ГИ УрО РАН»,
канд. геол.-мин. наук, доцент



Ю.И. Степанов