

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.201.02
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ПЕРМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 24.06.2022, протокол № 5

О присуждении Семину Михаилу Александровичу, гражданину России, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Научные основы комплексного обеспечения безопасности при строительстве шахтных стволов с применением способа искусственного замораживания пород» по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» принята к защите 18.03.2022, протокол № 2, диссертационным советом 24.1.201.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, 614013, г. Пермь, ул. Ленина, д. 13а, утвержденным приказом Минобрнауки России № 144/нк от 15 февраля 2022 г.

Соискатель Семин Михаил Александрович 1989 года рождения, в 2012 г. окончил магистратуру ФГБОУ ВПО "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет" по направлению «Механика». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Обоснование параметров систем вентиляции рудников в реверсивных режимах проветривания» по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» Семин М.А. защитил 22 сентября 2016 г. в диссертационном совете Д 004.026.01, созданном на базе ГИ УрО РАН. В настоящее время работает ученым секретарем в «Горном институте Уральского отделения Российской академии наук» – филиале Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, а также (по совместительству) научным сотрудником отдела Аэрологии и теплофизики. Диссертация выполнена в отделе Аэрологии и теплофизики «Горного института Уральского отделения Российской академии наук».

Официальные оппоненты:

1. Демежко Дмитрий Юрьевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории геодинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург;
2. Курилко Александр Сардокович, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории теплофизики Института горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (ИГДС СО РАН) – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук" (ЯНЦ СО РАН), г. Якутск;

3. Майоров Александр Евгеньевич, доктор технических наук, с.н.с., заведующий лабораторией геомеханики и геометризации угольных месторождений Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук" (ФИЦ УУХ СО РАН), г. Кемерово;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» (г. Тула) дала положительное заключение, которое было составлено Н.М. Качуриным, д.т.н., проф., зав. кафедрой геотехнологии и подземных сооружений.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

официальные оппоненты являются одними из ведущих специалистов в областях горных наук, по которым проводились исследования в диссертационной работе Семина М.А.: геомеханики (А.Е. Майоров), рудничной аэрологии (А.С. Курилко), горной теплофизики и геофизических методах изучения теплового поля Земли (А.С. Курилко, Д.Ю. Демежко). Оппоненты имеют большое число публикации с результатами теоретических и экспериментальных исследований различных геофизических и горнотехнических систем; обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», г. Тула, является одним из ведущих научных центров в областях геомеханики, геотехнологий, рудничной аэрологии и горной теплофизики, в нем активно ведутся фундаментальные и прикладные исследования по широкому спектру проблем горного производства, аэрологической безопасности при ведении горных работ. Университет является учредителем известного периодического научного журнала «Известия ТулГУ. Науки о Земле», входящего в перечень ВАК и индексируемого в системе Web of Science. Отзыв ведущей организации, содержащий подробную, по главам, характеристику содержания диссертационной работы; высокую положительную оценку актуальности темы исследования, достоверности, новизны, теоретической и практической значимости изложенных результатов обсужден и одобрен на заседании кафедры геотехнологий и строительства подземных сооружений в присутствии признанных авторитетных специалистов по теме защищаемой диссертации.

Соискателем опубликовано 50 научных работ, в том числе 33 публикации в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, утвержденных ВАК Минобрнауки РФ, одна монография, 34 публикации в журналах, входящих в международные базы данных Scopus и Web of Science (их них шесть публикаций в международных журналах из Q1). Получен один патент, два свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ, а также по результатам проведенных работ издан один внутренний нормативный документ для

горнодобывающего предприятия.

Основные публикации, включенные в перечень ВАК:

1. Левин Л.Ю., Семин М.А., Зайцев А.В. Разработка математических методов прогнозирования микроклиматических условий в сети горных выработок произвольной топологии // ФТПРПИ. – 2014. – №. 2. – С. 154-161.
2. Kazakov V. P., Shalimov A. V., Semin M. A. Stability of natural ventilation mode after main fan stoppage // Int. J. Heat Mass Transf. – 2015. – Т. 86. – С. 288-293.
3. Левин Л. Ю., Колесов Е. В., Семин М. А. Исследование динамики ледопородного ограждения в условиях повреждения замораживающих колонок при проходке шахтных стволов // ГИАБ. – 2016. – №. 11. – С. 257-265.
4. Левин Л.Ю., Семин М.А., Паршаков О.С. Математическое прогнозирование толщины ледопородного ограждения при проходке стволов // ФТПРПИ. – 2017. – №. 5. – С. 154-161.
5. Колесов Е.В., Семин М.А. Скоростной метод решения обратной задачи Стефана для контроля состояния ледопородного ограждения строящихся шахтных стволов // ГИАБ. – 2017. – № S24. – С. 299-309.
6. Левин Л. Ю., Семин М.А., Паршаков О.С., Колесов Е.В. Метод решения обратной задачи Стефана для контроля состояния ледопородного ограждения при проходке шахтных стволов // Вестник ПНИПУ. Геология, нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т. 16. – №. 3. – С. 255-267.
7. Желнин М. С., Плехов О.А., Семин М.А., Левин Л.Ю. Численное решение обратной задачи определения объемной теплоемкости породного массива в процессе искусственного замораживания // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2017. – №. 4. – С. 56-75.
8. Левин Л. Ю., Семин М. А., Зайцев А. В. Решение обратной задачи Стефана при анализе замораживания грунтовых вод в породном массиве // ИФЖ. – 2018. – Т. 91, №. 3. – С. 655-663.
9. Левин Л. Ю., Семин М. А., Плехов О. А. Сравнительный анализ существующих методов расчета толщины ледопородного ограждения строящихся шахтных стволов // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2018. – Т. 9, №. 4. – С. 93-103.
10. Левин Л. Ю., Семин М. А., Зайцев А. В. Калибровка теплофизических свойств породного массива при моделировании формирования ледопородного ограждения строящихся шахтных стволов // ФТПРПИ. – 2019. – №. 1. – С. 172-184.
11. Левин Л. Ю., Семин М. А., Паршаков О. С. Совершенствование методов прогнозирования состояния ледопородного ограждения строящихся шахтных стволов с использованием распределенных измерений температуры в контрольных скважинах // Записки Горного института. – 2019. – Т. 237. – С. 268-274.
12. Левин Л. Ю., Семин М. А., Богомягков А. В., Паршаков О. С. Применение программного комплекса «FROZENWALL» для расчета искусственного замораживания пород // Изв. ТулГУ. Науки о Земле. – 2019. – № 4. – С. 269-283.
13. Семин М.А. Левин Л.Ю., Пугин А.В. Расчет земных теплопритоков при искусственном замораживании породного массива // ФТПРПИ. – 2020. – № 1. – С. 162-171.
14. Семин М.А., Левин Л.Ю., Паршаков О.С. Выбор параметров и обоснование режима

работы замораживающих колонок для поддержания толщины ледопородного ограждения // ФТПРПИ. – 2020. – № 5. – С. 194-205.

15. Семин М.А., Левин Л.Ю., Желнин М.С., Плехов О.А. Исследование естественной конвекции в обводненном породном массиве в условиях искусственного замораживания // ФТПРПИ. – 2020. – № 2. – С. 151-163.

16. Семин М.А., Левин Л.Ю. Теоретическое исследование теплообмена между воздушным потоком и крепью шахтного ствола при наличии тепловой конвекции // ГИАБ. – 2020. – № 6. – С. 46-57.

17. Семин М.А., Богомягков А.В., Левин Л.Ю. Теоретический анализ динамики ледопородного ограждения при переходе на пассивный режим замораживания // Записки горного института. – 2020. – Т. 243. – С. 319-328.

18. Семин М.А., Зайцев А.В., Паршаков О.С., Желнин М.С. Обоснование технологических параметров термометрического контроля состояния ледопородного ограждения // Изв. ТПУ. Инж. Георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 9. – С. 215-228.

19. Семин М.А., Левин Л.Ю., Паршаков О.С. Исследование влияния фильтрационного потока грунтовых вод на искусственное замораживание породного массива // ИФЖ – 2021. – Т. 94, № 1. – С. 51-61.

20. Семин М.А., Левин Л.Ю., Богомягков А.В., Пугин А.В. О неоднозначности интерпретации поля температур замораживаемого породного массива с помощью скважинной термометрии // Изв. ТПУ. Инж. георес. – 2021. – Т. 332, № 6. – С. 7-18.

21. Семин М.А. Исследование возможностей упрощения сопряженной термогидромеханической модели искусственного замораживания пород при строительстве стволов шахт // Изв. ТулГУ. Науки о Земле. – 2021. – № 4. – С. 453-463.

22. Бублик С.А., Зайцев А.В., Шардаков И.Н., Семин М.А. Исследование деформационных процессов в металлоконструкциях надшахтного здания скипового ствол // Изв. ТулГУ. Науки о Земле. – 2021. – № 4. – С. 258-267.

23. Семин М.А., Бровка Г.П., Пугин А.В., Бублик С.А., Желнин М.С. Исследование влияния неоднородности поля температур на прочность ледопородных ограждений стволов шахт // ГИАБ. – 2021. – № 9. – С. 79-93.

24. Паршаков О.С., Левин Л.Ю., Семин М.А. Анализ процесса оттаивания горных пород при проходке шахтных стволов способом искусственного замораживания // ГИАБ. – 2021. – № 8. – С. 51-69.

25. Семин М.А., Зайцев А.В., Левин Л.Ю. Численное решение обратной задачи Стефана при анализе искусственного замораживания породного массива // Мат. мод. – 2021. – Т.33, № 2. – С. 93-108.

26. Семин М.А., Левин Л.Ю., Желнин М.С., Плехов О.А. Определение мест расположения контрольно-термических скважин при искусственном замораживании породного массива // ПММ. – 2021. – Т. 85, № 2. – С. 257-272.

27. Желнин М.С., Костина А.А., Прохоров А.Е., Плехов О.А., Агутин К.А., Семин М.А. Верификация термогидромеханической модели промерзания влагонасыщенного грунта на основе лабораторных экспериментов // Выч. мех. сплош. сред. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 144-158.

28. Семин М.А., Богомягков А.В., Левин Л.Ю. Определение технологических параметров систем замораживания пород из условия поддержания проектной толщины

ледопородного ограждения // Горные науки и технологии. – 2021. – Т. 6, № 3. – С. 192-202.

29. Levin L., Golovaty I., Zaitsev A., Pugin A., Semin M. Thermal monitoring of frozen wall thawing after artificial ground freezing: Case study of Petrikov Potash Mine // Tunn. Undergr. Space Technol. – 2021. – Т. 107. – статья № 103685.

30. Semin M., Levin L. Theoretical study of partially return air flows in vertical mine shafts // Therm. Sci. Eng. Prog. – 2021. – Т. 23. – статья № 100884.

31. Semin M., Golovaty I., Pugin A. Analysis of Temperature Anomalies during Thermal Monitoring of Frozen Wall Formation // Fluids. – 2021. – Т. 6. – статья № 297.

32. Semin M., Levin L., Bogomyagkov A., Pugin A. Features of Adjusting the Frozen Soil Properties Using Borehole Temperature Measurements // Model. Simul. Eng. – 2021. – Т. 2021. – статья № 8806159.

33. Zhelnin M., Kostina A., Prokhorov A., Plekhov O., Semin M., Levin L. Coupled thermo-hydro-mechanical modeling of frost heave and water migration during artificial freezing of soils for mineshaft sinking // J. Rock Mech. Geotech. Eng. – 2022. – Т. 4(2). – С. 537-559.

Публикации в журналах ВАК содержат в сумме 407 страниц и в полной мере отражают основные научные результаты работы. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в тексте диссертации отсутствуют.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: от оппонентов и ведущей организации.

1. Положительный отзыв официального оппонента Демежко Д.Ю. В отзыве отмечается актуальность темы диссертации; обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций; указывается научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Оппонент приводит в своем отзыве следующие вопросы и замечания по диссертации и автореферату:

- о некоторой путанице в терминологии, обозначениях и размерностях;
- об отсутствии ссылок на литературные источники во многих подрисуночных подписях;
- о том, что имеющейся научной литературе по тепловой конвекции в скважинах выражения, описывающие амплитуду конвективного шума, записываются не в терминах числа Грасгофа, а в терминах термического градиента и радиуса скважины;
- о целесообразности введения обобщающих критериев типа «минимальная толщина ледопородного ограждения по периметру» и «максимальное изменение температуры, вызванное наличием фильтрационного течения подземных вод»;
- о причине наличия зависимости температуры хладоносителя обратного хода на устье не зависит от скорости прокачки;
- предложение по исследованию других, более эффективных способов регулирования технологическими параметрами системы замораживания;
- о целесообразности анализа уменьшения толщины ледопородного ограждения в пассивной фазе замораживания;
- предложение использовать термин «водонасыщенный слой» вместо термина «водопроводящий слой».

2. Положительный отзыв официального оппонента Курилко А.С. В отзыве отмечены актуальность диссертации, ее научная новизна, степень обоснованности

научных положений, выводов и рекомендаций, подчеркнута значимость для науки и практики, обсуждены структура и содержание диссертации, ее завершенность, соответствие содержания автореферата основным научным положениям, публикационная результативность диссертанта.

Оппонент отмечает следующие вопросы и замечания:

- в работе не рассмотрены некоторые специфические типы грунтов, в частности андисол;
- в работе не рассмотрены особенности формирования ледопородного ограждения при условии высокой минерализации поровых вод;
- об отсутствии пояснений к выбору значения множителя (3,4) в формуле для коэффициента теплоотдачи;
- о причинах повышения температуры в замораживаемой скважине на рисунке 2.13;
- о степени соответствия литературным данным полученной величины критической скорости фильтрации 150 мм/сутки;
- об отсутствии данных натурных наблюдений за уровнем воды в наблюдательных скважинах в разделе 4.4;
- о значении минимально-допустимой скорости при анализе аэрологических процессов в стволе;
- замечания редакционного характера.

3. Положительный отзыв официального оппонента Майорова А.Е. В отзыве обсуждены объем и структура диссертации, актуальность темы исследования, степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, отмечены научная новизна и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сказано о существенном личном вкладе автора в получение результатов, о научном значении работы и ее практической значимости в целом. Оппонент приводит в отзыве следующие вопросы и замечания:

- об отсутствии дополнительной информации о диапазоне параметров, при которых применимы формулы (3.9) и (3.10);
- о причинах перетекания воды из слоя № 9 именно в слой № 13, а не на дневную поверхность;
- о причине представления аппроксимирующих зависимостей в главе 6 в виде константы (6.3) и в виде многочлена второго порядка (6.4);
- о разном характере зависимости толщин ледопородного ограждения от высоты заходки в формулах (6.21) и (1.11);
- об отсутствии рассмотрения вопроса по влиянию плотностной анизотропии реального массива с переменной проницаемостью и влажностью горных пород на процессы формирования ледопородного ограждения;
- по формулировке научных положений на предмет отражения того факта, что речь идет именно о вертикальных стволах шахт.

4. Положительный отзыв ведущей организации. В отзыве отмечается актуальности темы диссертации, научная новизна работ и степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, анализируется структура и содержание диссертации, ее завершенность. В качестве достоинства работы

отмечается обширный анализ литературы по вопросам моделирования термогидромеханических процессов в замораживаемых средах, детальное изучение иностранной литературы, что позволяет судить о соответствии работы мировому уровню и данной области исследований. Полученные результаты имеют как теоретическое значение, так и существенную практическую значимость – предложенные модели и методы легли в основу систем термометрического контроля ледопородного ограждения, реализованных на ряде строившихся шахтных стволов, а полученные количественные зависимости физических параметров замораживаемых пород и технологических параметров систем замораживания использованы при разработке внутреннего нормативного документа для ОАО «Беларуськалий».

Ведущая организация отмечает следующие замечания и вопросы:

- о корректности использования пропорционального регулирования в формуле (3.18) при оптимизации режима замораживания исходя из поддержания фиксированной толщины ледопородного ограждения;
- о смысле параметра ω в формуле (4.7);
- о причине различной функциональной зависимости толщины ледопородного ограждения от высоты заходки в формулах (6.21) и (1.11);
- о причине высокой погрешности при лабораторном определении теплофизических свойств пород.

На автореферат поступило 15 отзывов:

1. Положительный отзыв от Красюка А.М., д.т.н., г.н.с. лаборатории рудничной аэродинамики и Лугина И.В., к.т.н., в.н.с. лаборатории рудничной аэродинамики Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск (5 замечаний);
2. Положительный отзыв от Прушака В.Я., д.т.н., технического директора ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», г. Солигорск, (без замечаний);
3. Положительный отзыв от Амосова П.В., к.т.н., в.н.с. Института проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты (6 замечаний);
4. Положительный отзыв от Козырева А.А., д.т.н., проф., зав. отделом геомеханики, Семеновой И.Э., к.т.н., зав. сектором Прогноза удароопасности рудных месторождений Горного института - обособленного подразделения ФГБУН Федеральный исследовательский центр "Кольский научный центр Российской академии наук", г. Апатиты (1 замечание);
5. Положительный отзыв от Полякова И.В., к.т.н., главного инженера технической дирекции ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий», г. Котельниково (без замечаний);
6. Положительный отзыв от Минина В.В., к.т.н., главного специалиста отдела контроля и сопровождения проектов ОАО «УГМК», г. Верхняя Пышма (2 замечания);
7. Положительный отзыв от Аптукова В.Н., д.т.н., проф., зав. кафедрой фундаментальной математики., В.Н. Терпугова, к.т.н., зав. кафедрой вычислительной и экспериментальной механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (ПГНИУ), г. Пермь (1 замечание);
8. Положительный отзыв от Лукичева С.В., д.т.н., директора Горного института – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного

- учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», г. Апатиты (2 замечания);
9. Положительный отзыв от Рассказова И.Ю., д.т.н., чл.-корр. РАН, директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск (2 замечания).
 10. Положительный отзыв от Макарова А.Н., первого заместителя генерального директора АО «ВКК», г. Березники (без замечаний).
 11. Положительный отзыв от Калединой Н.О., д.т.н., проф, профессора кафедры Безопасности и экологии горного производства, Кобылкина С.С., д.т.н., доц., профессора кафедры Безопасности и экологии горного производства НИТУ «МИСиС», г. Москва (2 замечания).
 12. Положительный отзыв от Кологривко А.А., к.т.н, доц., декана факультета горного дела и инженерной экологии, Гец А.К., к.т.н, доц., доцента кафедры «горные работы» Белорусский национальный технический университет, г. Минск (1 замечание).
 13. Положительный отзыв от Хохолова Ю.А., д.т.н., в.н.с. лаборатории Горной теплофизики, Соловьева Д.Е., к.т.н. и.о. зав. лабораторией Горной теплофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр "Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук" (ЯНЦ СО РАН). Обособленное подразделение Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (ИГДС СО РАН) (5 замечаний).
 14. Положительный отзыв С.Г. Гендлера, д.т.н, проф., зав. кафедрой безопасности производств Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург (4 замечания).
 15. Положительный отзыв от С.А. Лысенко, д.ф.-м.н., директора Института природопользования НАН, Г.П. Бровки, д.т.н. доц., зав. лабораторией физико-химической механики природных дисперсных систем Института природопользования НАН, г. Минск (без замечаний).

Все отзывы положительные в них отмечена актуальность работы, ее научная значимость и практическая важность. Отмечается высокий теоретический уровень работы, привлечение современных методических подходов и обширного фактического материала для анализа процесса искусственного замораживания пород. Имеющиеся в отзывах замечания связаны с оформлением автореферата работы, недостаточной подробностью описания некоторых деталей проведенных исследований в автореферате, недостаточным рассмотрением отдельных факторов, влияющих на закономерности формирования ледопородных ограждений, причем большинство замечаний выражено в форме пожеланий дальнейшего исследования изучаемых процессов и расширения границ их применимости при проектировании замораживания пород и грунтов, систем мониторинга формирования ледопородных ограждений.

В отзывах на автореферат отмечено, что диссертация является законченным исследованием и представляет научный интерес, прошла достаточную апробацию, содержит новые результаты, достоверность которых обоснована, тема работы является

актуальной, результаты имеют высокую научную ценность и большое прикладное значение.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны научные основы расчета искусственного замораживания породного массива при строительстве вертикальных шахтных стволов, направленные на обеспечение комплексной безопасности при ведении горных работ;

предложены оригинальные подходы к построению математических моделей замораживаемых пород и грунтов, позволяющие определить требуемую детализацию физических процессов;

доказана необходимость настройки (калибровки) параметров термогидродинамических моделей замораживаемых сред по данным экспериментального мониторинга температур в контрольно-термических скважинах;

введены новые аппроксимирующие зависимости, а также поправочные коэффициенты к известным формулам для расчета основных технологических параметров системы замораживания и толщин ледопородных ограждений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

определен набор научно-обоснованных критериев, при достижении которых возможен обоснованный переход от связанной термогидромеханической модели системы «замораживающие колонки – породный массив – крепь горной выработки – атмосфера горной выработки» к более простым моделям, учитывающим отдельные физические процессы при искусственном замораживании пород и грунтов;

получены функциональные зависимости параметров ледопородного ограждения от технологических параметров системы замораживания, параметров теплопереноса в замораживаемом массиве горных пород, позволяющие сделать количественный анализ состояния ледопородного ограждения и его эволюции в будущем при различных штатных и аварийных ситуациях;

определены условия возникновения частично-возвратных течений воздуха в строящемся стволе вследствие наличия температурного градиента, обусловленного низкой температурой окружающих замороженных пород; произведена количественная оценка интенсификации теплообмена воздуха и крепи строящегося ствола при наличии частично-возвратных течений воздуха.

рассчитаны поправочные коэффициенты для аналитических формул по расчету требуемой толщины ледопородного ограждения, позволяющие корректно учесть защемление на торцах ледопородного цилиндра, его температурную неоднородность, а также условие потери несущей способности ледопородного ограждения;

разработана методика калибровки параметров модели тепловых процессов в породном массиве, обеспечивающая единственность решения обратной задачи и позволяющая добиться наилучшего согласования модельных и измеренных температур в контрольно-термических скважинах.

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

разработано программное обеспечение «FrozenWall», функциональные возможности которого позволяют поднять на качественно новый уровень контроль физических

процессов, происходящих в породном массиве в условиях его искусственного замораживания;

определены проектные параметры ледопородных ограждений и системы замораживания для двух строившихся шахтных стволов Дарасинского рудника, на основании которых принимались дальнейшие технические решения по строительству этих шахтных стволов;

создан и запатентован уникальный термометрический датчик, устанавливаемый горизонтально в передовой бетонной крепи после проходки ствола и позволяющий осуществлять мониторинг состояния ледопородного ограждения внутри контура замораживающих колонок;

представлены методические рекомендации по расчету параметров, мониторингу и управлению искусственным замораживанием горных пород при строительстве шахтных стволов на калийных рудник, которые составили основу изданного внутреннего нормативного документа по искусственному замораживанию пород для действующего горного предприятия.

Достоверность результатов подтверждается тем, что:

результаты экспериментальных работ получены на сертифицированном оборудовании, а определенные экспериментальные закономерности распределения теплофизических параметров пород хорошо согласуются друг с другом, а также соответствуют общепринятым представлениям о поведении горнотехнических систем, основным законам физики;

теория построена на фундаментальных физических законах, параметрическое обеспечение и калибровка моделей выполнены на основании полученных экспериментальных данных, а результаты теоретических изысканий и выполненного математического моделирования согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на комплексном анализе термогидромеханических процессов в породном массиве и крепи ствола, аэрологических процессов в атмосфере ствола;

использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное и количественное совпадение полученных данных с известными результатами математического моделирования и экспериментальных исследований в пересекающихся областях параметров;

использованы современные экспериментальные методики визуализации и измерения основных исследуемых параметров замораживаемого породного массива, современные методы цифровой обработки и статистического анализа данных.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач, разработке математических моделей, участии в экспериментальных исследованиях в условиях промплощадок строящихся рудников, анализе и обработке полученных данных, в проведении теоретических исследований и создании алгоритмической части программного продукта «FrozenWall», в участии в выполнении расчетов и проведении численных экспериментов, в разработке рекомендаций для проектирования искусственного замораживания пород и их практической реализации, а также формулировке основных научных положений диссертации и выводов.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, концептуальности и взаимосвязи основных выводов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны научные основы расчета искусственного замораживания породного массива с применением рассольной схемы при строительстве шахтных стволов. Диссертация соответствует требованиям п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней" № 842, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. с изменениями от 11.09.2021 г.: в ней содержится *решение крупной научной проблемы, направленной на обоснование технологических параметров и разработку систем термометрического мониторинга ледопородных ограждений, обеспечивающих энергоэффективность и безопасность строительства шахтных стволов в обводненных и неустойчивых породах способом искусственного замораживания, что имеет важное хозяйственное значение для экономики страны.*

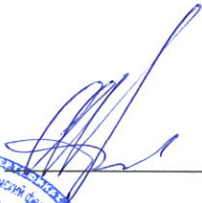
На заседании 24 июня 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Семину М.А. ученую степень доктора технических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящего в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, не проголосовало – нет.

Председатель
диссертационного совета 24.1.201.02
д.т.н., профессор, академик РАН
Барях Александр Абрамович

 / Барях А.А.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.1.201.02
к.т.н.
Лобанов Сергей Юрьевич

 / Лобанов С.Ю.

27 июня 2022 г.

