

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.036.02**  
**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 «23» мая 2019 г., протокол № 6

О присуждении **Зайцеву Артёму Вячеславовичу** ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Научные основы расчета и управления тепловым режимом подземных рудников» по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» принята к защите 15 февраля 2019 года (протокол № 4) диссертационным советом Д 004.036.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (614990, г. Пермь, ул. Ленина, д. 13а), приказ о создании совета № 169/нк от 13.02.2018 г.

Соискатель Зайцев Артём Вячеславович, 1988 года рождения, в 2010 году окончил Пермский государственный технический университет по специальности «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Разработка способов нормализации микроклиматических условий в горных выработках глубоких рудников» защитил в 2013 году, в диссертационном совете Д 004.026.01, созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Горный институт Уральского отделения Российской академии наук.

В настоящее время работает в Горном институте Уральского отделения Российской академии наук – филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (614007, г. Пермь, ул. К. Маркса, 78а) в

должности заведующего сектором математического моделирования и информационных технологий отдела аэрологии и теплофизики.

Диссертация выполнена в отделе аэрологии и теплофизики Горного института Уральского отделения Российской академии наук - филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук и на кафедре «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Научный консультант — доктор технических наук, профессор Казаков Борис Петрович, главный научный сотрудник отдела аэрологии и теплофизики Горного института Уральского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Гендлер Семен Григорьевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры безопасности производств ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский горный университет (г. Санкт-Петербург);

2. Курилко Александр Сардокович, доктор технических наук, заведующий лабораторией горной теплофизики ФГБУН Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (г. Якутск);

3. Палеев Дмитрий Юрьевич, доктор технических наук, начальник научно-исследовательского отдела ФГКУ «Национальный аэромобильный спасательный учебно-тренировочный центр подготовки горноспасателей и шахтеров» (г. Новокузнецк);

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва) в своем положительном отзыве, подписанном *Коликовым К.С.*, д.т.н., профессором, заведующим кафедрой безопасности и экологии горного производства (БЭГП), *Калединой Н.О.*, д.т.н., проф., профессором кафедры БЭГП, *Кобылкиным С.С.*, д.т.н., доцентом, профессором кафедры БЭГП указала, что диссертация Зайцева А.В. является законченной квалификационной работой, которая по своей актуальности, научной новизне, объе-

му выполненных исследований и практической значимости соответствует требованиям положения «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук.

Соискатель имеет 80 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 43 работы, из них 22 в научных журналах и изданиях, включенных в Перечень ВАК для опубликования основных научных результатов диссертаций, 8 - в журналах, входящих в международные базы данных Scopus и Web of Science. Получены 3 патента на изобретения и 1 свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Общий объем опубликованных по теме диссертации работ составляет 15 печатных листов, авторский вклад около 75 %.

Основные публикации:

1. Казаков Б.П. Формирование микроклиматических параметров атмосферы в воздухоподающих стволах и главных выработках глубоких рудников / Б.П. Казаков, А.В. Зайцев, М.А. Семин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 8. – С. 167-171

2. Казаков Б.П. Современные подходы к разработке способов управления тепловым режимом рудников при высокой температуре породного массива / Б.П. Казаков, Л.Ю. Левин, А.В. Зайцев // Горный журнал. – 2014. – № 5. – С. 22-25

3. Зайцев А.В. Исследование критериев нормирования микроклиматических условий в горных выработках / А.В. Зайцев, М.А. Семин, Ю.А. Клюкин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 12. – С. 151-156

4. Казаков Б.П. Разработка энергосберегающих технологий обеспечения комфортных микроклиматических условий при ведении горных работ / Б.П. Казаков, Л.Ю. Левин, А.В. Шалимов, А.В. Зайцев // Записки Горного института. – 2017. – Т. 223. – С. 116-124

5. Зайцев А.В. Теплотехнические системы нормализации микроклиматических параметров воздуха в глубоких рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» / А.В. Зайцев, Л.Ю. Левин, С.В. Бутаков, М.А. Семин // Горный журнал. – 2018. – № 6. – С. 34-39.

На диссертацию и автореферат поступило 20 отзывов от: директора Института горного дела ДВО РАН д.т.н. *Расказова И.Ю.*; директора Горного института КНЦ РАН д.т.н. *Лукичева С.В.* и в.н.с., к.т.н. *Амосова П.В.*; зав. отделом Института проблем комплексного освоения недр РАН д.т.н., проф. *Айбиндера И.И.*; директора ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» д.т.н., член-корр. НАН РБ *Прушака В.Я.*; доцента кафедры Тульского государственного университета д.т.н. *Стась Г.В.*; гл. научного сотрудника АО «ВНИИГалургии» д.т.н. *Соловьева В.А.*; профессоров кафедры Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе д.т.н. *Скопинцевой О.В.* и д.т.н. *Иляхина С.В.*; зав. лабораторией Института угля СО РАН д.т.н., проф. *Майорова А.Е.*; гл. научного сотрудника Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН д.т.н., проф. *Красюка А.М.* и с.н.с. к.т.н. *Лугина И.В.*; профессора кафедры Санкт-Петербургского горного университета д.т.н. *Коршунова Г.И.*; профессора кафедры Уральского государственного университета д.т.н., проф. *Ермолаева А.И.*; ректора Уральского государственного горного университета д.э.н. *Душина А.В.* и начальника отдела ООО «УГМК-Холдинг» к.т.н. *Минина В.В.*; вед. науч. сотрудника Института горного дела Севера СО РАН д.т.н. *Хохолова Ю.А.* и с.н.с. к.т.н. *Соловьева Д.Е.*; зав. кафедрой Белорусского государственного университета д.ф.-м.н., проф. *Журавкова М.А.*; зав. лабораторией Института природопользования НАН Беларуси д.т.н. *Бровки Г.П.*, зав. лабораторией Института Гипроникель к.т.н. *Вильчинского В.Б.*; зам. начальника ФАУ «Главгосэкспертиза России» к.т.н. *Вернигора В.М.*; и.о. начальника Горного управления «ГМК «Норильский никель» *Мизонова Е.Н.*; зам. гл. инженера по горным работам ОАО «Беларуськалий» *Петровского А.Б.*; гл. инженера ЗАО «Верхнекамская калийная компания» *Макарова А.Н.* и вед. инженера *Стукалова В.А.*

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 решения поставленных задач. Имеющиеся в отзывах замечания связаны с оформлением автореферата работы, недостаточной новизной пред-

лагаемой системы нормирования, вопросам расчета теплообменных и влагообменных процессов в горных выработках, недостаточным рассмотрением отдельных факторов формирования теплового режима и способов регулирования теплового режима для некоторых применяющихся систем разработок, причем большинство замечаний выражено в форме пожеланий дальнейшего исследования изучаемого явления и расширения границ его применимости при решении задач управления тепловым режимом подземных рудников.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, широкой известностью публикаций и достижений в области рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

— разработана научная концепция расчета и управления тепловым режимом подземных рудников на основе математического моделирования термодинамических и аэродинамических процессов в системе «рудничная атмосфера – массив горных пород» с учетом горнотехнических особенностей шахт и рудников;

— предложен нетрадиционный подход расчета рекуперативных теплообменных аппаратов, учитывающий перекрестную, однонаправленную и противоположно направленную схемы движения теплоносителя и воздушной среды и фазовые переходы влаги, для определения оптимальных компоновок и схем обвязки теплообменников по критерию максимальной удельной теплопередачи;

— доказана перспективность использования новой идеи об эффективности рециркуляционного проветривания для стабилизации и улучшения микроклиматических условий в подготовительных и очистных горных выработках в переходном интервале глубин за счет использования тепловой ёмкости породного массива;

— введены новые понятия оптимальных значений площади поперечного сечения и параметров теплоизоляции воздухоподающих горных выработок по критерию обеспечения минимального нагрева воздуха при его движении до подземных рабочих зон.

*Теоретическая значимость исследований* обоснована тем, что:

— доказаны методики построения ресурсосберегающих систем управления тепловым режимом подземных рудников на основе применения многовариантного численного моделирования термодинамических процессов в системе «рудничный воздух – массив горных пород» для оптимального комплексирования горнотехнических и теплотехнических способов регулирования теплового режима по критерию минимальных энергетических затрат;

— применительно к проблематике диссертации эффективно, с получением обладающих новизной результатов, использован комплекс существующих базовых методов исследований, включающий: шахтные экспериментальные исследования микроклиматических параметров воздуха в горных выработках, теплофизических характеристик массивов горных пород; стендовые экспериментальные исследования характеристик теплообменных аппаратов; численные методы исследований аэродинамических и термодинамических процессов в сети горных выработок и окружающих их породных массивах с применением современных вычислительных технологий; методы математической статистики для обработки результатов измерений;

— изложены положения, обосновывающие методологию выбора параметров и комплексирования горнотехнических и теплотехнических способов регулирования теплового режима с учетом климатических особенностей региона, геотермии, технологии ведения горных работ;

— раскрыта проблема эффективности горнотехнических мероприятий регулирования теплового режима и охлаждения подаваемого в рудник воздуха на поверхности для нормализации микроклиматических условий в подземных горных выработках;

— изучены факторы эффективности теплообмена между воздушным потоком и элементами рекуперативных теплообменных аппаратов с учетом пространственного распределения термодинамических параметров сред, участвующих в теплообмене, и тепловыделения от фазовых переходов влаги;

— проведена модернизация модели расчета сопряженного тепло-, влаго- и воздухораспределения в сети горных выработок с учетом сжимаемости воздушной среды, нестационарного сопряженного теплообмена воздуха с породным массивом, тепловыделений от техногенных источников и влагообмена в рудничной атмосфере.

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

— разработаны и внедрены технологические схемы нормализации микроклиматических условий в очистных и проходческих горных выработках, заключающиеся в отведении избыточных тепловыделений непосредственно на участках их формирования и локального кондиционирования воздуха в пределах рабочих зон, для обеспечения требуемых температур воздуха при минимальной располагаемой холодильной мощности для условий рудников ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» и ОАО «Беларуськалий»;

— определены пределы и перспективы практического использования способа рециркуляционного проветривания для улучшения и стабилизации микроклиматических условий в подготовительных и очистных горных выработок в переходном интервале глубин;

— создана система практических рекомендаций построения комплексных систем управления тепловым режимом подземных рудников, разрабатываемых на основе сочетания горнотехнических и теплотехнических мероприятий регулирования теплового режима с учетом естественной температуры массива горных пород, особенностей техногенных источников тепловыделения и типа горных выработок;

— представлены методические рекомендации по разработке шахтных теплообменных аппаратов, отличающихся малыми габаритами и большими удельными коэффициентами теплопередачи для условий подземных горных выработок.

***Оценка достоверности результатов исследований*** выявила:

— результаты экспериментальных работ получены на сертифицированном оборудовании и характеризуются хорошей сходимостью полученных экспери-

ментальных закономерностей распределения микроклиматических параметров воздуха в глубоких медно-никелевых и калийных рудниках;

— 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 анализе и обобщении передового опыта, существующей теоретической базе по тематике исследований, данных натурных наблюдений и практики ведения горных работ на большой глубине;

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

— установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

— использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов наблюдения.

***Личный вклад соискателя*** состоит в участии автора на всех этапах исследования, в получении исходных данных и научных экспериментах, участии в апробации результатов исследований на горнодобывающих предприятиях, разработке экспериментальных стендов, обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны научные основы расчета и управления



