

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ПФИЦ УрО РАН,  
Ил.-корр. РАН



*А.А. Барях*  
» *апреля*

А.А. Барях  
*2018* г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Пермский федеральный исследовательский центр  
Уральского отделения Российской академии наук

Диссертация «Научные основы расчета и управления тепловым режимом подземных рудников» выполнена в отделе аэрологии и теплофизики Горного института Уральского отделения Российской академии наук – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр («ГИ УрО РАН»).

В 2010 году соискатель окончил Пермский государственный технический университет по специальности «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых». С 2010 по 2013 годы соискатель обучался в очной аспирантуре, окончив ее защитой кандидатской диссертации по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

В период подготовки диссертации соискатель Зайцев Артём Вячеславович работал в «ГИ УрО РАН» в должности заведующего сектором математического моделирования и информационных технологий отдела аэрологии и теплофизики.

Научный консультант – главный научный сотрудник отдела аэрологии и теплофизики «ГИ УрО РАН», профессор, доктор технических наук Казаков Борис Петрович.

По результатам рассмотрения диссертации Зайцева Артема Вячеславовича «Научные основы расчета и управления тепловым режимом подземных рудников» принято следующее заключение.

### I. Основные результаты работы

Диссертационная работа подводит фундаментальную базу под решение задач обеспечения безопасных условий труда по тепловому фактору в подземных рудниках по критериям как эффективности разрабатываемых технических решений, так и оптимальности с точки зрения минимизации затрачиваемых ресурсов на их реализацию и эксплуатацию.

К основным результатам работы можно отнести следующие:

- Разработаны синтезированные математические модели тепло-, влаги- 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 для расчета микроклиматических параметров воздуха в сети горных выработок с учетом горнотехнических особенностей глубоких шахт и рудников.
- Обоснованы оптимальные параметры главных воздухоподающих выработок по критерию минимальных энергетических затрат и применение рециркуляционного проветривания с использованием тепловой ёмкости породного массива для стабилизации и улучшения микроклиматических условий в подготовительных и очистных горных выработках в переходном интервале глубин.
- Разработана математическая модель расчета рекуперативных теплообменных аппаратов, учитывающая перекрестную, однонаправленную и противоположно направленную схемы движения теплоносителя и воздушной среды и фазовые переходы влаги, для выбора оптимальных компоновок и схем обвязки теплообменников по критерию максимальной удельной теплопередачи.
- Разработаны 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.
- Разработаны ресурсосберегающие системы регулирования теплового режима глубоких рудников на основе решения задачи оптимизации выбора мест и параметров охлаждения воздуха и отведения избыточной теплоты с применением комплексного параметра нормирования микроклиматических условий, учитывающего совместное влияние температуры, влагосодержания и скорости движения воздуха, по критерию минимального энергопотребления.

## **II. Актуальность и теоретическая значимость исследования**

На современном этапе развития многие горные предприятия для поддержания и увеличения мощности добычи сталкиваются с необходимостью вовлечения в отработку новых, глубокозалегающих и труднодоступных залежей. При увеличении глубины ведения горных работ возрастает температура окружающего породного массива и снижается количество вскрывающих горных выработок, что приводит к невозможности подачи больших объемов воздуха и усилению влияния техногенных источников тепловыделения на формирование неблагоприятных микроклиматических условий в горных выработках. В результате температура воздуха в горных выработках повышается до сверхнормативных величин — согласно действующим Федеральным нормам и правилам «Правила безопасности при ведении горных работ ...», температура воздуха

не должна превышать +26 °С. Высокая температура воздуха отрицательно влияет на здоровье горнорабочих и затрудняет ведение горных работ из-за перегрева оборудования. В то же время реализация любых мероприятий по нормализации микроклиматических условий в горных выработках связана со значительными капитальными и эксплуатационными затратами. В современных рыночных условиях дополнительные расходы, связанные с внедрением систем нормализации микроклиматических условий, приводят не только к снижению конкурентоспособности предприятия, но и зачастую делают нецелесообразной отработку новых запасов полезных ископаемых. Таким образом, современные условия накладывают дополнительные требования к технико-экономическому обоснованию разрабатываемых технических решений. Эти решения, с одной стороны, должны обеспечивать безопасные условия труда, а с другой — отличаться минимальными капитальными и эксплуатационными затратами.

В связи с этим, для возможности безопасной добычи глубокозалегающих полезных ископаемых при обеспечении высоких технико-экономических показателей работы, направленная на обоснование и разработку систем управления теплового режима подземных рудников, является актуальной.

### **III. Связь работы с крупными научными программами и темами**

Диссертационная работа выполнена в соответствии с государственными планами научных исследований ГИ УрО РАН, проводившихся в период 2008-2018 гг., по темам «Проблемы энергосбережения при нормализации состава и теплофизических параметров атмосферы подземных пространств» (№ 01.200.106715) и «Моделирование и управление параметрами аэротермодинамических процессов при освоении месторождений минерального сырья» (№ 01.201.350099), а также с тематикой хоздоговорных работ с горными предприятиями ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», ОАО «Беларуськалий», АК «МХК «ЕвроХим» и проектными институтами ООО «Институт Гипроникель», АО «Галургия».

С 2012 г. по 2016 г. исследования по теме диссертации были поддержаны и частично финансировались Президиумом УрО РАН (проект ориентированных фундаментальных исследований № 12-5-1-014-АРКТИКА «Разработка комплексной ресурсосберегающей системы нормализации микроклиматических параметров атмосферы шахт и рудников в условиях криолитозоны», проект № 12-С-5-1019 «Разработка математических методов моделирования нестационарных аэрологических и теплогазодинамических процессов, протекающих в рудничных вентиляционных сетях в условиях вечной мерзлоты»), Российским фондом фундаментальных исследований (проекты № 13-05-96013 «Разработка комплексной технологии повышения энергоэффективности, обеспечения ресурсосбережения и промышленной безопасности в горнодобывающей промышленности» и проект № 15-05-04552 «Исследование влияния фазовых переходов атмосферной влаги на формирование комфортных условий ведения горных работ») и Советом по грантам Президента Российской Федерации (проект № МД-7047.2015.5 «Разработка инновационной ресурсосберегающей системы

мониторинга и управления вентиляцией горных предприятий, обеспечивающей безопасную и высокопроизводительную добычу полезных ископаемых в сложных горнотехнических условиях»).

#### **IV. Личный вклад соискателя**

При непосредственном участии автора проведена постановка задач, разработка математических моделей, экспериментальные исследования в шахтных условиях, анализ и обработка полученных данных, теоретические исследования и создание программных продуктов, выполнение расчетов и проведение численных экспериментов, разработка технологий и технических средств и их практическая реализация, сформулированы основные научные положения и выводы.

#### **V. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

подтверждается соответствием фундаментальным физическим законам, сопоставимостью результатов аналитических, численных решений и натурных экспериментов, соответствием приведенных результатов данным, полученным другими авторами, значительным объемом наблюдений, выполненных в натуральных условиях при проведении промышленных испытаний, положительными результатами внедрения предложенных технических решений на рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», ОАО «Беларуськалий», ООО «ЕвроХим».

#### **VI. Научная новизна работы:**

- Разработаны феноменологические модели техногенных источников тепловыделения с параметрическим обеспечением для современных горных машин, применяемых в глубоких шахтах и рудниках.
- Обоснованы технические решения по эффективному использованию поверхностных систем кондиционирования воздуха с учетом глубины стволов, температуры окружающего породного массива и сезонных колебаний атмосферного воздуха.
- Исследовано влияние сезонных колебаний атмосферного воздуха на эффективность применения теплоизоляции горных выработок с учетом естественной температуры массива горных пород.
- Разработан способ улучшения микроклиматических параметров воздуха в горных выработках на основе организации рециркуляционного проветривания участка и теплового взаимодействия между рудничным воздухом, массивом горных пород и источниками тепловыделения.
- Решена задача оптимизации мест установки и параметров воздухоохладителей в сети подготовительных и очистных горных выработок по критерию минимизации потребляемой холодильной мощности.
- Разработана математическая модель расчета рекуперативных теплообменных аппаратов, учитывающая пространственное распределение термодинамических

- параметров сред, участвующих в теплообмене, варианты перекрестного, однонаправленного и противоположно направленного движения хладоносителя и воздуха и фазовые переходы влаги.
- Обоснован комплексный критерий нормирования микроклиматических условий, учитывающий совместное влияние температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха на охлаждающую способность рудничной атмосферы.
  - Разработана методика выбора оптимального сочетания горнотехнических и теплотехнических мероприятий регулирования теплового режима в зависимости от температуры окружающего породного массива, типа горных выработок и их удаленности от поверхности земли по тракту движения воздуха.

## **VII. Значение полученных результатов исследования для практики**

Практическая значимость результатов исследований заключается в разработке и научном обосновании методик расчета микроклиматических параметров рудничной атмосферы в современных горнотехнических условиях, технологий и технических средств управления тепловым режимом шахт и рудников, системы нормирования микроклиматических условий с учетом действующей нормативной базы и условий труда горнорабочих.

Совокупность полученных результаты диссертационной работы, позволяет использовать новую методологию при разработке и проектировании систем управления тепловым режимом, применение которой приводит к обеспечению безопасных условий труда по тепловому фактору в горных выработках глубоких рудников при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах.

## **VIII. Реализация результатов исследований**

В настоящее время многие результаты работы внедрены в промышленную эксплуатацию на горнодобывающих предприятиях, часть находится в процессе внедрения.

Разработанная подземная система кондиционирования воздуха КШР-350Н, предназначенная для местного кондиционирования воздуха, в настоящее время находится в промышленной эксплуатации в руднике «Таймырский» ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» при отработке запасов на глубине свыше 1300 метров.

Разработанный горнотехнический способ нормализации микроклиматических условий в горных выработках на основе рециркуляционного проветривания применяется на рудниках ОАО «Беларуськалий» для снижения температуры воздуха и стабилизации температурно-влажностных параметров в капитальных, подготовительных и очистных выработках. Для нормализации микроклиматических условий в длинных очистных забоях при отработке наиболее глубокозалегающих запасов Старобинского месторождения разработана система кондиционирования воздуха СКВ-250 с отведением

избыточных тепловыделений в исходящую вентиляционную струю, в настоящее время установка прошла опытно-промышленные испытания и находится в промышленной эксплуатации в руднике 4 РУ ОАО «Беларуськалий».

На основании результатов исследований разработаны комплексные системы нормализации микроклиматических параметров в шахте «Глубокая» и руднике «Таймырский» ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» в качестве исходных данных для проектной документации на отработку глубоких залежей С-2, С-5, С-5л, С-6 и С-6л, С-3 и С-4 Октябрьского месторождения сульфидных медно-никелевых руд (глубина ведения горных работ до 2000 метров); разработаны технические решения по обеспечению требуемых микроклиматических параметров в горных выработках для проектов строительства глубоких калийных рудников Петриковского ГОК ОАО «Беларуськалий» и Гремячинского ГОК ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий» (глубина ведения горных работ до 1200 метров). Разработанные технические решения включены в проектную документацию.

Разработанная система нормирования микроклиматических условий в горных выработках с организационными мероприятиями по безопасному ведению горных работ в условиях теплового режима вошла в состав действующих методик по расчету количества воздуха и организации проветривания горнодобывающих предприятий ОАО «Беларуськалий», ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий».

На основании результатов исследований разработан программный модуль «Теплофизика», интегрированный в аналитический комплекс «АэроСеть», предназначенный для прогнозирования теплового режима глубоких рудников и имитационного моделирования работы шахтных систем кондиционирования воздуха. Аналитический комплекс «АэроСеть» используется в проектных институтах ОАО «Институт «Уралгипроруда», ОАО «Галургия», ООО «Институт «Гипроникель», ООО «БХПЭнерго», ООО «ТОМС инжиниринг», ООО «СПб-Гипрошахт», ООО «Забайкалзолотопроект».

## **IX. Апробация работы**

Научные положения и основные результаты исследований докладывались и обсуждались на ежегодных научных сессиях ГИ УрО РАН (Пермь, 2011-2017 гг.), на международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (Москва, МГГУ, 2012-2015 гг., 2019 г.), на международной научно-практической конференции «Аэрология и безопасность горных предприятий» (Санкт-Петербург, НМСУ «Горный», 2012 г.), на II и III Всероссийской научно-практической конференции «Геомеханические и геотехнологические проблемы эффективного освоения месторождений твердых полезных ископаемых северных и северо-восточных регионов России» (г. Якутск, ИГДС СО РАН, 2013, 2015 и 2017 гг.), на II и III международной научно-практической конференции «Промышленная безопасность предприятия минерально-сырьевого комплекса в XXI веке» (Санкт-Петербург, НМСУ «Горный», 2014 и 2016 гг.), на Всероссийском молодежном форуме «Нефтегазовое и горное дело» (Пермь, ПНИПУ, 2011 и 2012 гг.), на Всероссийской научно-практической конференции «Развитие

Арктики и приполярных регионов» (г. Екатеринбург, УрФУ имени Б.Н. Ельцина, 2014 г.), на V Международной научно-практической конференции «Инновационные направления в проектировании горнодобывающих предприятий» (Санкт-Петербург, НМСУ «Горный», 2014), на 42-ой международной летней школе «Advanced Problems in Mechanics 2014» (г. Санкт-Петербург, СПбГУ, 2014 г.), на I Международной научно-практической конференции «Горная электромеханика — 2014» (г. Пермь, ПНИПУ, 2014 г.), на II Международной научно-практической конференции «Горная и нефтяная электромеханика — 2015» (г. Пермь, ПНИПУ, 2015 г.), на IX Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Проблемы недропользования» (г. Екатеринбург, ИГД УрО РАН, 2015 г.), на Всероссийской научной конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых с элементами научной школы «Горняцкая смена — 2015» (г. Новосибирск, ИГД СО РАН, 2015 г.), на Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию горного факультета «Горное дело в XXI-веке: технологии, наука, образование» (г. Санкт-Петербург, НМСУ «Горный», 2015 г.), на научно-технических советах рудников ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», института ООО «Гипроникель», проектного института АО «Галургия», руднике Гремячинского ГОК и управлении ООО «ЕвроХим», рудниках и управлении ОАО «Беларуськалий» в 2011-2018 годах.

## **Х. Публикации**

По теме диссертации опубликованы 43 научные работы, в том числе 22 в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, утвержденных ВАК Минобрнауки РФ, из них 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.

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

1. Казаков, Б.П. Оптимизация теплогазодинамических расчетов топологически сложных вентиляционных сетей / Б.П. Казаков, А.В. Зайцев, Е.Л. Гришин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — МГГУ, 2011. — № 4. — С. 191-194.
2. Казаков, Б.П. Особенности расчета теплового режима глубоких рудников при применении систем разработок с полной закладкой выработанного пространства / Б.П. Казаков, А.В. Шалимов, А.В. Зайцев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. — № 2. — С. 195-198
3. Шалимов, А.В. Учет инерционных сил движения воздуха при нестационарных расчетах воздухораспределения в вентиляционной сети / А.В. Шалимов, А.В. Зайцев, Е.Л. Гришин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — МГГУ, 2011. — № 4. — С. 218-222.

4. Kruglov, Yu.V. Calculation method for the unsteady air supply in mine ventilation networks / Yu.V. Kruglov, L.Yu. Levin, A.V. Zaitsev // Journal of Mining Science. — 2011. — vol.47. — № 5. — P. 651-659.
5. Казаков, Б.П. Нестационарный сопряженный теплообмен между рудничным воздухом и горным массивом в условиях глубоких рудников / Б.П. Казаков, А.В. Шалимов, А.В. Зайцев // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. — Екатеринбург, 2013. — № 1. — С. 26-32
6. 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). — МГГУ, 2013. — № 8. — С. 167-171
7. Левин, Л.Ю. Численное решение сопряженной задачи теплораспределения в рудничной атмосфере и окружающем породном массиве для сети горных выработок произвольной топологии / Л.Ю. Левин, М.А. Семин, А.В. Зайцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — МГГУ, 2013. — № 8. — С. 176-180
8. Казаков Б.П. Исследование работы системы оптимального управления проветриванием на испытательном стенде / Б.П. Казаков, А.В. Шалимов, А.В. Зайцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — МГГУ, 2013. — № 12. — С. 169-173
9. Karelin, V.N. Features of forming microclimatic conditions in mining excavations of deep mines / V.N. Karelin, A.V. Kravchenko., L. Yu. Levin, B.P. Kazakov, A.V. Zaitsev // Eurasian Mining. — 2013. — № 2. — P. 35-38
10. Levin, L. Yu. Mathematical methods of fore-casting microclimate conditions in an arbitrary layout network of underground excavations / L. Yu. Levin, M. A. Semin, A.V. Zaitsev // Journal of Mining Science. — 2014. — vol. 50. — № 2. — P. 371-378
11. 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. — Москва, 2014. — № 5. — С. 22-25
12. Зайцев, А.В. Аналитическое решение задачи расчета распределения температуры воздуха в горных выработках при наличии рециркуляционных потоков / А.В. Зайцев, Ю.А. Клюкин, Н.А. Трушкова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — МГГУ, 2014. — № 9. — С. 190-194
13. Левин, Л.Ю. Комплексные решения обеспечения безопасных условий труда в условиях теплового режима глубоких рудников Севера / Л.Ю. Левин, А.В. Зайцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — МГГУ, 2015. — № 30. — С. 291-299
14. Казаков, Б.П. Оптимизация компоновки теплообменных модулей в системах кондиционирования рудничного воздуха / Б.П. Казаков, А.В. Шалимов, А.В. Зайцев // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. — Екатеринбург, 2015. — № 7. — С. 116-125

15. 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). — МГГУ, 2015. — № 12. — С. 151-156
16. Казаков, Б.П. Влияние процессов испарения и конденсации влаги на тепловой режим глубоких рудников / Б.П. Казаков, А.В. Шалимов, А.В. Зайцев // Горный журнал. — Москва, 2016. — № 3. — С. 73-76
17. Казаков, Б.П. Разработка энергосберегающих систем вентиляции и кондиционирования современных горнодобывающих предприятий / Б.П. Казаков, А.В. Шалимов, А.В. Зайцев // Горный информационно-аналитический бюллетень. — МГГУ, 2015. — Специальный выпуск 60-2 «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование-2». — С. 294-298
18. Казаков, Б.П. Исследование процессов миграции конденсационных рассолов в выработках калийных рудников / Б.П. Казаков, А.В. Шалимов, А.В. Зайцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — МГГУ, 2016. — № 1. — С. 216-225
19. 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. — Санкт-Петербург, 2017. — Т. 223. — С. 116-124
20. Левин, Л.Ю. Оценка опасности применения фреоновых холодильных машин в подземных системах кондиционирования воздуха / Л.Ю. Левин, А.В. Зайцев, Е.В. Колесов, С.В. Бутаков // Безопасность труда в промышленности. — Москва, 2017. — № 8. — С. 28-32.
21. 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. — Москва, 2018. — № 6. — С. 34-39.
22. Левин, Л.Ю. Нормализация микроклиматических условий горных выработок при отработке глубокозалегающих запасов калийных рудников // Л.Ю. Левин, А.В. Зайцев, С.В. Бутаков, М.А. Семин // Горный журнал. — Москва, 2018. — № 8. — С. 97-102.

#### **патенты и свидетельства об официальной регистрации**

23. Патент № 2587192 Российская Федерация. Способ мониторинга расходов воздуха в сети горных выработок и система для его осуществления / Казаков Б.П., Левин Л.Ю., Зайцев А.В., Мальков П.С., Кормщиков Д.С.; заявитель и патентообладатель ГИ УрО РАН. — № 2014147769/03; заявл. 26.11.14; опубл. 20.06.16, Бюллетень № 17. — 3 с.
24. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ «Аналитический комплекс «АэроСеть»: № 2015610589 / Зайцев А.В., Казаков Б.П., Кашников А.В., Кормщиков Д.С., Круглов Ю.В., Левин Л.Ю., Мальков П.С., Шалимов А.В.;

- заявитель и правообладатель ГИ УрО РАН. — № 2015610589; заявл. 24.04.14; дата регистрации 14.01.15. — 1 с.
25. Патент № 2509895 Российская Федерация. Способ кондиционирования воздуха и охлаждения технологических сред оборудования при добыче полезных ископаемых подземным способом / Левин Л.Ю., Зайцев А.В., Ковалев А.В.; заявитель и патентообладатель ГИ УрО РАН. — № 2015125884/03; заявл. 29.06.15; опубл. 20.12.16, Бюллетень № 35. — 2 с.
26. Патент № 2611770 Российская Федерация. Способ кондиционирования воздуха в горных выработках / Левин Л.Ю., Зайцев А.В.; заявитель и патентообладатель Левин Лев Юрьевич, Зайцев Артем Вячеславович. — № 2015125852; заявл. 29.06.15; опубл. 01.03.17, Бюллетень № 7. — 2 с.

#### публикации в других изданиях

27. Зайцев, А.В. Структурно-классификационный анализ аэрологических методов расчета для условий различных рудников / А.В. Зайцев, Е.Л. Гришин // Научные исследования и инновации. — Пермь, 2011. — Т. 5. — № 2. — С. 133-135
28. Гришин, Е.Л. Классификация тепловых источников по степени влияния на надежность воздухораспределения в рудничных вентиляционных сетях / Е.Л. Гришин, А.В. Зайцев // Научные исследования и инновации. — Пермь, 2011. — Т. 5. — № 1. — С. 156-158
29. Левин, Л.Ю. Использование программного модуля ANSYS CFX при решении научно-производственных задач проветривания шахт и рудников / Л.Ю. Левин, Р.Р. Газизуллин, А.В. Зайцев // САПР и графика. — 2011. — № 10 (180). — С. 64-66
30. Казаков, Б.П. Влияние закладочных работ на формирование теплового режима в горных выработках в условиях рудников ОАО «Норильский никель» / Б.П. Казаков, А.В. Зайцев, А.В. Шалимов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. — Пермь, 2012. — Т. 11. — № 2. — С. 110-114.
31. Казаков, Б.П. Применение частичного повторного использования воздуха для снижения количества выпадающей влаги в калийных рудниках / Б.П. Казаков, Н.А. Трушкова, А.В. Зайцев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. — Пермь, 2012. — Т. 11. — № 3. — С. 129-133.
32. Зайцев, А.В. Нормализация микроклимата глубоких рудников в условиях высоких температур горного массива / А.В. Зайцев // Стратегия и процессы освоения георесурсов. Сборник научных трудов. — Пермь, 2012. — Выпуск 10 — С. 252-254
33. Зайцев, А.В. Нормализация микроклиматических условий в горных выработках глубоких рудников / А.В. Зайцев // Стратегия и процессы освоения георесурсов. Сборник научных трудов. — Пермь, 2013. — С. 250-252.
34. Казаков, Б.П. Использование систем автоматического управления проветриванием для нормализации микроклиматических параметров атмосферы рудников / Б.П. Казаков, А.В. Зайцев // Горное эко. — Пермь, 2013. — № 4 (53). — С. 43-46.

35. Казаков, Б.П. Исследование процессов формирования теплового режима глубоких рудников / Б.П. Казаков, А.В. Зайцев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. — Пермь, 2014. — Т. 13. — № 10. — С. 91-97.
36. Зайцев, А.В. Исследование процессов тепломассопереноса в горных выработках при применении систем частичного повторного использования воздуха / А.В. Зайцев, Ю.А. Клюкин, А.С. Киряков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. — Пермь, 2014. — Т. 13. — № 11. — С. 121-129.
37. Шалимов, А.В. Разработка способов нормализации микроклиматических условий в глубоких рудниках Норильска / А.В. Шалимов, А.В. Зайцев // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Развитие Арктики и приполярных регионов». — Екатеринбург, 2014. — С. 175-178.
38. Зайцев, А.В. Нормирование микроклиматических параметров воздуха в горных выработках и совершенствование способов регулирования теплового режима / А.В. Зайцев // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сборник научных трудов. — Пермь, 2014. — С. 261-264.
39. Исаевич, А.Г. Современная вентиляция рудников: экономия без ущерба безопасности / А.Г. Исаевич, А.В. Зайцев, С.В. Мальцев // Актуальные проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горношахтного и нефтепромышленного оборудования. — Пермь, Изд-во ПНИПУ, — 2014. — Т. 1. — № 1. — С. 131-137.
40. Казаков, Б.П. Разработка систем нормализации микроклиматических параметров воздуха в горных выработках глубоких рудников Севера / Б.П. Казаков, А.В. Зайцев, // Геомеханические и геотехнологические проблемы эффективного освоения месторождений твердых полезных ископаемых северных и северо-восточных регионов России: труды II Всероссийской научно-практической конференции — Якутск: Изд-во ФГБУН институт мерзлотоведения СО РАН, 2014. — С. 262-266.
41. Клюкин, Ю.А. Определение допустимых и безопасных микроклиматических условий в подземных рабочих зонах / Ю.А. Клюкин, А.В. Зайцев // Сборник трудов Всероссийской научной конференции «Горняцкая смена – 2015». — 2015. — С. 79-83.
42. Казаков, Б.П. Повышение эффективности проветривания рудников при применении частичного повторного использования воздуха / Б.П. Казаков, А.В. Зайцев, Е.Л. Гришин, Н.А. Трушкова // Сборник трудов Всероссийской научной конференции «Горняцкая смена – 2015». — 2015. — С. 229-235.
43. Зайцев, А.В. Комплексные исследования в области обеспечения безопасных микроклиматических условий в длинных очистных забоях калийных рудников ОАО «Беларуськалий» / А.В. Зайцев // Стратегия и процессы освоения георесурсов: Сборник научных трудов. — Пермь, 2015. — С. 260-263.
44. Зайцев, А.В. Ресурсосберегающие решения в системах кондиционирования рудничного воздуха / А.В. Зайцев, Ю.А. Клюкин // Проблемы недропользования. — Изд-во: Институт горного дела УрО РАН, — 2015. — № 2 (5). — С. 26-31.

45. Трушкова, Н.А. Применение рециркуляционных установок для повышения эффективности проветривания рудников с учетом обеспечения безопасных условий труда / Н.А. Трушкова, Б.П., Казаков, А.В. Зайцев, Е.Л. Гришин // Актуальные проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горношахтного и нефтепромыслового оборудования. — Пермь, Изд-во ПНИПУ, — 2015. — Т. 1. — С. 283-290.
46. Зайцев, А.В. Обеспечение теплового режима рудника в условиях интенсивного окисления горных пород / А.В. Зайцев // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сборник научных трудов. — Пермь, 2016. — С. 243-247.
47. Зайцев, А.В. Разработка и внедрение систем кондиционирования воздуха глубоких рудников / А.В. Зайцев // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сборник научных трудов. — Пермь, 2017. — С. 268-273.

Диссертационная работа Зайцева А.В. «Научные основы расчета и управления тепловым режимом подземных рудников» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения для разработки ресурсосберегающих систем управления тепловым режимом подземных рудников при добыче глубокозалегающих запасов твердых полезных ископаемых, обработка которых имеет важное хозяйственное значение для экономики страны.

Диссертация Зайцева Артема Вячеславовича «Научные основы расчета и регулирования теплового режима подземных рудников» соответствует требованиям, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации к докторским диссертациям, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.20 — «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика 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 2018 г.

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



Ю.И. Степанов