



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ПФИЦ УрО РАН,
д-р физ.-мат. наук, чл.-корр. РАН

О.А. Плехов

«17» февраля 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация «Обоснование способов рециркуляционного проветривания в системах горных выработок 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»).

Соискатель Трушкова Надежда Анатольевна с 2007 года по настоящее время работает в «ГИ УрО РАН». В настоящий момент она является ведущим инженером отдела аэрологии и теплофизики. В 2010-2014 гг. соискатель обучался в заочной аспирантуре «ГИ УрО РАН», на сегодняшний день являющийся филиалом ПФИЦ УрО РАН по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Научный руководитель – заместитель директора, заведующий отделом аэрологии и теплофизики «Горного института Уральского отделения Российской академии наук» – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук Левин Лев Юрьевич.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

I. Оценка выполненной соискателем работы

Диссертационная работа соискателя посвящена обоснованию способов и разработке методики построения схем рециркуляционного проветривания для повышения эффективности систем вентиляции подземных рудников за счет частичного повторного использования воздуха.

Соискателем справедливо отмечается, что несмотря на значительный объем существующих по теме диссертации исследований недостаточно освященным является вопрос исследования газового состава воздуха исходящей струи и не затрагиваются

вопросы расчета газораспределения в сетевой постановке с учетом продольной дисперсии, формируемой за счет неравномерного по сечению поля скоростей, а также методического обеспечения расчета требуемого количества воздуха и определения места размещения рециркуляционных систем в горных выработках рудников.

В своей диссертационной работе соискателем представлен большой объем натуральных исследований газового состава рудничного воздуха и аэродинамических параметров вентиляционных сетей рудников, получено определяющее соотношение свежего и отработанного воздуха с учетом ненулевой концентрации вредных веществ на свежей струе, коэффициентов утечек и рециркуляции, разработано выражение для определения места размещения рециркуляционной установки с учетом параметров проветривания для достижения максимальной энергоэффективности и разработан метод расчета газораспределения, позволяющий учитывать непостоянство величины продольной дисперсии газа из-за переменной по сечению скорости и взаимодействия воздушных масс в тупиковых выработках с течением в примыкающих сквозных выработках. На основании исследований, проведенных соискателем, создана универсальная методика разработки схем рециркуляционного проветривания, позволяющая определять параметры рециркуляционных систем на рудниках любого типа.

Основной идеей диссертационной работы является организация частичного повторного использования воздуха в системах вентиляции подземных рудников на основе схем рециркуляционного проветривания с максимальным использованием внутренних утечек и непостоянства действия источников газовыделения в сети горных выработок произвольной топологии.

II. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

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

III. Степень достоверности полученных результатов

Достоверность результатов работы подтверждается соответствием фундаментальным физическим законам, сопоставимостью результатов аналитических, численных решений и натуральных измерений, большим объемом экспериментальных

исследований в шахтных условиях, положительными результатами реализации предложенных решений на рудниках ПАО «Уралкалий» и ОАО «Беларуськалий».

IV. Новизна и практическая значимость исследования

Полученные в диссертационной работе результаты позволяют выполнять расчеты и проектирование рециркуляционных систем подземных рудников любого типа с соблюдением условий безопасности проветривания и применены при разработке и внедрении более 20 рециркуляционных установок на калийных рудниках ОАО «Беларуськалий» и ПАО «Уралкалий», что привело к повышению эффективности проветривания добычных участков и значительной экономии электроэнергии на проветривание и воздухоподготовку.

Материалы диссертационной работы использованы при разработке действующих в настоящее время инструкций по расчету требуемого количества воздуха для рудников ПАО «Уралкалий» и ОАО «Беларуськалий». Также результаты работы использованы при разработке Обоснований безопасности опасного производственного объекта для рудников ПАО «Уралкалий» в части отступлений от пунктов № 153, № 174 и № 653 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ ...». На разработанные Обоснования безопасности получены положительные заключения экспертизы промышленной безопасности. Указанные заключения внесены в реестр заключений Ростехнадзора.

V. Ценность научных работ соискателя

В диссертационной работе установлено, что качество воздуха на исходящих струях позволяет его повторное использование на рудниках любого типа, разработан раздел методики расчета требуемого количества воздуха в части определения максимального количества повторно используемого воздуха и разработано выражение для расчета коэффициента запаса к расчету требуемого количества воздуха с учетом совместного влияния коэффициентов утечек и рециркуляции, что позволяет учитывать ненулевую концентрацию газа на свежей струе, возникающую при применении рециркуляции.

Соискателем предложен метод расчета переменного по длине выработки эффективного коэффициента продольной дисперсии исходя из соотношения скоростей воздушных потоков в рассматриваемой горной выработке и в смежных с ней, разработан численный алгоритм расчета нестационарной задачи распределения вредных примесей в сети горных выработок, основанный на методе расщепления по физическим процессам и выполнена реализация разработанного алгоритма в модуле теплогазодинамического расчета аналитического комплекса «АэроСеть».

Результатами работы обоснована зависимость оптимального места размещения рециркуляционных установок от аэродинамических параметров вентиляционной сети, к которым относятся аэродинамическое сопротивление участков, величина внутренних утечек воздуха и степень влияния главной вентиляторной установки. Для анализа полученных результатов построена номограмма зависимости коэффициента рециркуляции от величины сопротивления выработок главных направлений, входящих в рециркуляционный контур с учетом величины внутренних утечек воздуха. Это позволяет осуществлять выбор места размещения рециркуляционной установки относительно выработок главных направлений с учетом достижения максимальной энергоэффективности.

На основании выполненных исследований разработана классификация рециркуляционных систем и определены схемы эффективной организации рециркуляционного проветривания в привязке к типовым схемам проветривания подземных рудников и их аэродинамическим параметрам с учетом безопасности и эффективности их применения.

VI. Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа соответствует п. 11 паспорта специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

п. 11. Гидро-, аэро-, газо- и термодинамические процессы, методы и средства управления ими в массивах горных пород и грунтов, горных выработках и выработанных пространствах.

VII. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

По теме диссертационной работы подготовлена и опубликована 21 печатная работа, в том числе 9 публикаций в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ.

Наиболее значимые из работ, опубликованных по представленной теме:

1. Казаков Б. П., Шалимов А. В., **Трушкова Н. А.** К оценке аварийных ситуаций при проектировании рециркуляционных систем // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 2014. — №. 1. — С. 132—137.
2. Зайцев А. В., Клюкин Ю. А., **Трушкова Н. А.** Аналитическое решение задачи расчета распределения температуры воздуха в горных выработках при наличии рециркуляционных потоков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2014. — №. 9. — С. 190—194.

3. Гришин Е. Л., Накаряков Е.В., **Трушкова Н.А.**, Санникович А.Н. Опыт внедрения систем динамического управления проветриванием рудников // Горный журнал. — 2018. — №. 8. — С. 103—108.
4. Kazakov B., **Trushkova N.**, Shalimov A., Grishin E. On the possibility of using controlled air recirculation in potash and metal mines //International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. — 2020. — vol. 20. — №. 1.2. — pp. 203—210.
5. Казаков Б. П., Гришин Е. Л., **Трушкова Н. А.** Исследование устойчивости совместной работы подземных вентиляторов в калийном руднике при применении рециркуляции // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2021. — №. 2. — С. 108—119.
6. Зайцев А. В., **Трушкова Н. А.** Исследование рециркуляционного проветривания при наличии источника газовой выделения в рабочей зоне и внутренних утечек воздуха // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2022. — №. 3. — С. 34—46.
7. Семин М. А., Исаевич А.Г., **Трушкова Н.А.**, Бублик С.А., Казаков Б.П. К вопросу о расчете распространения вредных примесей в системах горных выработок // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 2022. — №. 2. — С. 82—93.
8. **Трушкова Н.А.**, Левин Л.Ю., Зайцев А.В. Учет аэродинамических характеристик вентиляционной сети при определении параметров рециркуляционного проветривания // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2024. — №. 9. — С. 5—16.
9. Файнбург Г.З., **Трушкова Н.А.**, Левин Л.Ю., Зайцев А.В. Основные требования к организации рециркуляционного проветривания в многосвязных системах подземных горных выработок // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. — 2024. — №. 3. — С. 458—480.

VIII. Апробация диссертационной работы

Основные результаты работы были доложены на международном симпозиуме студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2009 г.), на Всероссийском молодежном форуме «Нефтегазовое и горное дело» (Пермь, ПНИПУ, 2012 г.), на международной конференции «Горная и нефтяная электромеханика» (Пермь, ПНИПУ, 2015 г.), на всероссийской научной конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых «Горняцкая смена» (Новосибирск, 2015 г.), на научных сессиях «ГИ УрО

РАН» «Стратегия и процессы освоения георесурсов» (Пермь, 2015 – 2019 г.), на международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (Москва, МГГУ, 2014 г., 2022 г.).

В диссертационной работе отсутствуют заимствованные материалы без ссылки на автора и (или) источник заимствования, результаты научных работ, выполненных Трушковой Н.А. в соавторстве, без ссылок на соавторов.

Диссертационная работа Трушковой Надежды Анатольевны «Обоснование способов рециркуляционного проветривания в системах горных выработок подземных рудников» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Заключение принято на заседании Объединенного ученого совета Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук. Присутствовало на заседании 38 из 52 человек. Результаты голосования: «за» – 38 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол заседания Объединенного ученого совета ПФИЦ УрО РАН № 1/25 от 04 февраля 2025 г.

Председатель ОУС
ПФИЦ УрО РАН, академик РАН, д.т.н.



В.П. Матвеевко

Ученый секретарь ОУС
ПФИЦ УрО РАН, к.ф.-м.н.



А.Г. Вотинова