

УТВЕРЖДАЮ:



Директор ИГКОН РАН —
академик РАН, профессор, доктор
технических наук

 В.Н.Захаров

 2023 г

М.П.

Отзыв

ведущей организации на диссертационную работу Исаевича Алексея Геннадьевича «**Научное обоснование методологии управления пылевой обстановкой в горных выработках калийных рудников**», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Актуальность темы диссертации

Мировой спрос на калийные удобрения постоянно растет, в связи с чем горнодобывающие предприятия внедряют высокопроизводительное оборудование для добычи запасов соли подземным способом. Современные добычные комбайновые комплексы способны обеспечить производительность более 7–8 т/мин. Применение такого оборудования приводит к увеличению количества пыли, выделяемой в рудничную атмосферу рабочих зон при разрушении массива горных пород и их транспортировке. Массовая концентрация пыли при этом может достигать 1000 ПДК. В результате, несмотря на применение средств индивидуальной защиты органов дыхания, доза пыли силвинита, поступающая в органы дыхания для разных профессиональных групп, составляет от 50 г до 160 г в год. Пыль калийных рудников не обладает ярко выраженными токсическими свойствами, но является биологически активной. Вдыхание ее в больших концентрациях, особенно при длительном нахождении горнорабочих в запыленной атмосфере, негативным образом сказывается на их здоровье.

Необходимо отметить, что высокие концентрации пыли в рабочих зонах резко снижают видимость, чем существенно усложняют контроль за работой оборудования. В настоящее время разрабатываются проекты по автоматизации процесса добычи калийной руды и внедрению машинного зрения, что в перспективе позволит перейти к безлюдной выемке полезного ископаемого. Однако высокая запыленность атмосферы рабочих зон

может стать серьезным препятствием для реализации таких проектов в силу того, что плохая видимость не позволит системам позиционирования работать корректно.

В то же время специфика подземных калийных рудников не позволяет в полной мере использовать классические высокоэффективные способы борьбы с пылью, основанные на использовании воды, поэтому для решения проблемы предотвращения образования высокой запыленности рудничной атмосферы калийных рудников необходимо проводить зонирование рабочей зоны с помощью вентиляционных устройств.

В связи с этим, представленная диссертационная работа, направленная на решение проблемы снижения запыленности в забоях и во всей вентиляционной сети горных выработок до приемлемых показателей путем создания зон с низкой концентрацией аэрозоли за счет повышения эффективности использования свежего воздуха, является актуальной.

Научная новизна диссертационной работы Исаевича А.Г. не вызывает сомнений. Для нормализации пылевой обстановки в рабочих зонах калийных рудников предлагается использовать принцип зонирования пространства путем организации циркуляции воздуха вентиляционными устройствами. Автором разработана трехмерная математическая модель турбулентного движения воздушно-соляной и бинарной газовой смеси в тупиковой выработке при ее проведении с помощью комбайна, учитывающая расположение и работу двигателей. Обоснована безопасность и эффективность применения всасывающего способа проветривания тупиковой выработки в условиях калийных рудников при выделении в рабочую зону горючих и серосодержащих (токсичных) газов. Предложен способ нормализации пылевой обстановки на рабочих местах в тупиковой выработке при комбайновой проходке, использующий зонирование ее воздушного пространства и повышающий эффективность использования свежего воздуха, подаваемого на проветривание.

Для решения задач высокой запыленности в протяженных горных выработках автором разработана сетевая модель конвективно-диффузионного массопереноса соляных аэрозольных частиц в системе аэродинамически связанных горных выработок, учитывающая процессы коагуляции частиц и конденсации на них влаги, ведущие к эффективному осаждению частиц пыли, и определены входящие в математические уравнения модели эмпирические параметры. Для программной реализации модели разработаны алгоритмы численного расчета краевых задач массопереноса соляной пыли, определенных на ориентированном графе, что позволяет прогнозировать распространение соляной пыли по шахтной вентиляционной сети.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

В диссертационной работе автором сформулировано пять научных положений, которые обосновываются и доказываются в тексте работы, состоящей из 7 глав. Выводы и практические рекомендации основаны на анализе и обобщении накопленного опыта и экспериментальных исследований. Достоверность результатов не вызывает сомнений и подтверждается хорошей сходимостью результатов математического моделирования и натуральных экспериментальных исследований, сопоставимостью полученных данных с результатами других авторов, проводивших исследования в области борьбы с пылью, значительным объемом натуральных наблюдений и численных экспериментов, положительными результатами реализации технических решений.

Анализ структуры и содержания диссертации

Диссертационная работа Исаевича А.Г. «является законченной научно-квалифицированной работой, состоит из введения, 7 глав и заключения. Работа изложена на 266 страницах машинописного текста, содержит 159 рисунков и 33 таблицы.

Во введении отражается актуальность решаемых задач, формулируются цель, задачи исследований, научные положения, научная новизна и практическая значимость работы. Показана апробация работы и связь с крупными научными программами и темами.

В первой главе проведен литературный обзор, посвященный рассматриваемой теме, анализируется современное положение с запыленностью калийных рудников, рассматриваются свойства соляного аэрозоля. Отмечается, что на всех калийных рудниках формируется сложная пылевая обстановка. Проводится анализ применяемых и потенциально возможных способов борьбы с пылью на калийных рудниках.

Вторая глава диссертации посвящена разработке математической сетевой модели движения пыли по горным выработкам. В ней автор рассматривает вопросы пространственного распределения пыли в протяженных горных выработках и определение коэффициента осаждения. Математически описывает генерацию пылевого аэрозоля и предлагает вариант программной реализации численного решения.

В третьей главе рассматриваются вопросы разработки математической модели динамики пылевоздушных потоков в пространстве тупиковой выработки при проходе комбайном с учетом размещённого оборудования. В ней выполнена содержательная постановка проблемы. Обоснована математическая модель турбулентности пылевоздушных потоков. В третьей главе также приводятся результаты верификации численного моделирования проветривания тупикового забоя при работе комбайна.

В четвертой главе приводятся результаты исследований динамики микроциркуляционных потоков пылевоздушных смесей в пространстве тупиковой проходческо-очистной выработки при различных способах проветривания. Приводятся результаты численного моделирования нагнетательного и всасывающего способов проветривания. Отмечается, что всасывающий способ проветривания позволяет локализовать пылевое облако и оттеснить его в правый угол забоя максимально далеко от рабочего места машиниста комбайна и тем самым снизить концентрацию пыли в зоне нахождения машиниста комбайна, причем на степень локализации можно влиять, изменяя производительность всасывающего вентилятора, при увеличении которой степень локализации возрастает.

В пятой главе доказывается безопасность применения всасывающего способа проветривания тупикового комбайнового забоя при выделениях взрывоопасных и ядовитых газов. Делается вывод о возможности безопасного применения всасывающего способа проветривания в условиях выделения метана.

В шестой главе приводятся результаты исследований распространения соляной пыли при селективной выемке калийной руды в длинных очистных забоях (лавах). Предлагаются технические решения по снижению запыленности.

В седьмой главе рассмотрены вопросы распространения соляной пыли в скиповентиляционных стволах при подъеме полезного ископаемого. Исследуются факторы, в результате которых в вентиляционном стволе может появиться соляной аэрозоль, производится анализ образования пылесолевых наростов на элементах крепи скиповентиляционного ствола. Исследуются процессы витания соляного аэрозоля в вертикальном воздушном потоке и рассматриваются условия формирования соляного нароста. Производятся исследования распространения соляного аэрозоля в условиях сложной геометрии аэродинамической системы «башенный копер – атмосфера» и предлагаются технические решения.

В заключении кратко сформулированы основные результаты работы.

Значимость для науки и практики

Полученные результаты позволяют использовать новый подход к нормализации состава атмосферы тупиковой выработки при работе комбайна, основанный не на увеличении количества подачи свежего воздуха, а на повышении эффективности его использования путем выделения «зоны дыхания», других микрозон и организации выноса примесей из наиболее загрязненных зон, минуя зону дыхания.

Предложенные принципы применения всасывающего способа проветривания тупиковых выработок при комбайновом способе проведения отражены в нормативной документации ОАО «Беларуськалий».

Технические решения снижения концентрации сальвинитовой и глинисто-солевой пыли при добыче калийных солей в условиях селективной выемки руды длинными очистными забоями внедрены на руднике 1 РУ ОАО «Беларуськалий».

Разработанная модель движения пылегазовоздушной смеси в тупиковой выработке при комбайновом способе проведения, учитывающая детальную геометрию комбайнового комплекса и специфику его работы, может быть использована для решения задач повышения эффективности проветривания тупиковых выработок калийных и каменно-соляных рудников.

Созданный модуль расчета задач динамики пылевой обстановки в вентиляционной сети рудника для вычислительного комплекса «АэроСеть», предназначенного для решения широкого спектра задач рудничной вентиляции, позволяет решать эти задачи с учетом пылевой обстановки.

Соответствие содержания автореферата основным научным положениям диссертации

Автореферат написан четким и ясным языком. Содержание автореферата полностью отражает научные положения.

Публикации

По теме диссертации опубликованы 28 научных работ, в том числе 15 в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, утвержденных ВАК Минобрнауки РФ, 17 входящих в международные базы данных Scopus и Web of Science.

Достоинства и недостатки диссертационной работы, замечания по работе

В диссертационной работе Исаевича Алексея Геннадьевича рассмотрен широкий круг вопросов, связанных с острой проблематикой высокой запыленности атмосферы калийных рудников. Предложен новый подход к вопросам нормализации пылевой обстановки. Методы исследований включали анализ и обобщение литературных источников, отражающих вопросы свойств и вредности соляной пыли, практический опыт борьбы с высокой запыленностью рудничной атмосферы калийных рудников,

экспериментальные натурные исследования динамики соляных аэрозолей, математическое моделирование и сравнительный анализ результатов.

В ходе знакомства с работой возникли следующие замечания:

1. В некоторых случаях некорректно используется терминология, например, термин «тупиковая комбайновая выработка» более приемлем в разговорной речи.
2. Решение задачи распространения пылевого аэрозоля осуществляется с учетом изменения температуры воздуха. Такие физические явления как вязкость и диффузия существенно зависят от температуры среды. Из представленной модели не ясно, учитываются ли данное влияние изменения температуры среды на диффузионные и вязкостные характеристики воздушного потока.
3. Калийные рудники характеризуются существенными колебаниями влажности рудничной атмосферы. Каким образом при построении математической модели учитывается влажность воздуха?
4. По результатам исследований, представленных к 3-ему научному положению, целесообразно представить формулу для расчета требуемого расхода воздуха по фактору пыли.
5. В четвертом научном положении не представлены граничные условия, описывающие газовыделение из массива горных пород. В то же время известно, что дополнительное газовыделение дает разрушаемая и транспортируемая порода. Не ясно, как учитывался данный момент при проведении исследований.

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки результатов диссертационной работы и носят уточняющий характер.

Заключение

Диссертация Исаевича Алексея Геннадьевича на тему «**Научное обоснование методологии управления пылевой обстановкой в горных выработках калийных рудников**», представленная к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», – является законченной квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение.

По своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости полученных результатов представленная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного

постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года (ред. от 18.03.2023 г.), а ее автор, Исаевич Алексей Геннадьевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Отзыв подготовлен:

Закоршменным И. М., д.т.н., доц., в.н.с.

Блохиным Д. И., к.т.н., доц., с.н.с.

Отзыв обсужден и принят на расширенном заседании лаборатории №2.2. Геотехнологических рисков при освоении газоносных угольных и рудных месторождений Центра проблем метана и газодинамических явлений угольных и рудных месторождений ФГБУН "Институт проблем комплексного освоения недр РАН".

«_29_» __мая 2023 г., протокол № 5.

Присутствовало на заседании 17 чел. В обсуждении приняли участие: 7.

Результаты голосования: «за» - 17 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел.



Федоров Е.В., к.т.н., заведующий отделом

(подпись)

тел.: +7 (495) 360-07-35, e-mail: Evgeny Fedorov <evfedorov58@gmail.com>

Отзыв рассмотрен и принят на заседании Ученого совета Института 31.05.23 (протокол № 03/23), За 23, воздержались нет, против нет.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика РАН Мельникова Н.В. Российской академии наук (ИПКОН РАН)

Адрес: 111020, г.Москва, Крюковский туп., д.4.

Тел: +7(495)360-89-60

Факс: +7(495)360-89-60

E-mail: ipkon-dir@ipkonran.ru , dir_ipkonran@mail.ru