

ОТЗЫВ

официального оппонента Коршунова Геннадия Ивановича на диссертационную работу Исаевича Алексея Геннадьевича «Научное обоснование методологии управления пылевой обстановкой в горных выработках калийных рудников», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

Актуальность

Актуальность работы Исаевича Алексея Геннадьевича, направленной на обоснование методологии управления пылевой обстановкой, не вызывает сомнений. Современная технология добычи калийных солей характеризуется применением высокопроизводительных комбайновых комплексов, что приводит к образованию значительного количества соляной пыли как при камерной, так и при столбовой системах разработки. Массовая концентрация пыли на рабочих местах может составлять от 100 до 1000 значений ПДК. Сложная пылевая обстановка наблюдается не только в добычных забоях, большое количество пыли выделяется при транспортировке и подъеме руды.

Необходимо отметить, что гигиеническая вредность соляной пыли является не единственным негативным аспектом высокой запыленности. Уже сегодня разрабатываются проекты по автоматизации процесса добычи калийной руды и внедрению машинного зрения, что в перспективе позволит перейти к безлюдной выемке полезного ископаемого. При этом 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. Вышесказанное делает проблему борьбы с пылью в калийных рудниках актуальной и значимой для дальнейшего развития горных технологий. Важным является то, что калийные рудники обладают рядом специфических особенностей, не позволяющих использовать для нормализации пылевой обстановки богатый накопленный опыт борьбы с пылью на угольных предприятиях.

В связи с этим работа, направленная на разработку методов нормализации и управления пылевой обстановкой в горных выработках калийных рудников средствами вентиляции, имеет важное значение.

Структура и содержание диссертации, ее завершенность

Диссертация Исаевича А.Г. представляет собой целостное, завершенное исследование. Работа состоит из введения, семи глав, заключения и списка литературы, состоящего из 219 источников, в том числе 45 зарубежных. Работа изложена на 266 страницах машинописного текста, содержит 159 рисунков и 33 таблицы.

Во введении отражается актуальность выбранной темы, формулируется цель, задачи и научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен литературный обзор, в котором проводится анализ проведенных ранее исследований по изучению свойств гигроскопичных соляных аэрозолей, их негативного влияния на здоровье горнорабочих. Приводятся данные по факторам, усугубляющим негативное влияние соляной пыли на организм. В частности, наличие сероводорода, который может выделяться в атмосферу калийных рудников. Проводится анализ применяемых и потенциально возможных способов борьбы с пылью на калийных рудниках. Отмечается, что борьба с калийной пылью обладает рядом особенностей (по сравнению с угольной пылью).

В целом говорится, что все классические методы борьбы с пылью (направленные на «стимулирование» процессов агрегации и седиментации) эффективны в условиях эксперимента, но технически не могут быть реализованы в условиях действующего современного рудника. В связи с этим сегодня на всех без исключения калийных рудниках применяются лишь вентиляционные методы (не способные нормализовать пылевую обстановку в существующем виде), штатные пылеотсосы комбайнов с крайне низкой эффективностью и средства индивидуальной защиты горнорабочих (но и они не справляются с существующими концентрациями пыли).

Во второй главе, посвященной разработке математической сетевой модели движения пыли по горным выработкам, отмечается, что современный калийный рудник обладает разветвлённой системой горных выработок, в которой расположено множество источников пылеобразования. На калийных рудниках широко применяются системы частичного повторного использования воздуха: часть исходящей воздушной струи повторно попадает в главные воздухоподающие выработки. Это диктует необходимость разработки инструментов, позволяющих прогнозировать характер и масштабы распространения пыли в сети горных выработок.

Для решения данной задачи автором разработана математическая сетевая модель динамики частиц соляного аэрозоля в горной выработке, учитывающая конвективно-диффузионный перенос частиц вместе с воздушным потоком. В рамках модели распределение воздушных потоков рассчитывается по правилам Кирхгофа I-го и II-го рода, а распределение вредной примеси (пыли) – с помощью конвективно-диффузионного уравнения.

В данном разделе также приводятся результаты экспериментальных исследований, позволяющих определить параметры, характеризующие скорость уменьшения концентрации соляного аэрозоля за счет его оседания на почву и стенки горной

выработки, а также интенсивность образования пыли в источнике пыления. В этой же главе представлена реализация модели в качестве расчетного модуля для программного комплекса «Аэросеть».

Третья глава посвящена разработке математической модели динамики пылевоздушных потоков в пространстве тупиковой комбайновой выработки с учетом размещённого оборудования. В ней обосновывается выбор модели турбулентности и необходимость учета размещенного в забое оборудования, а также его воздействие на атмосферу рабочей зоны. В главе 3 отмечается, что сравнение результатов численного моделирования с результатами экспериментальных исследований показало, что выбранная численная модель (с принятой моделью турбулентности $k-\epsilon$ «Realizable») позволяет получать достоверные данные.

В четвертой главе приводятся результаты исследований динамики микроциркуляционных потоков пылевоздушных смесей в пространстве тупиковой комбайновой проходческо-очистной выработки при различных способах проветривания. В частности, рассматриваются всасывающий и нагнетательный способы проветривания. Отмечается, что процессы перемешивания при использовании нагнетательного проветривания существенно увеличивают объемы загрязненного воздуха до объема всей проветриваемой области. Таким образом, процессы вытеснения более эффективны и рациональны. 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 изменением производительности всасывающего вентилятора, при увеличении которой степень локализации возрастает.

Пятая глава посвящена исследованию безопасности применения всасывающего способа проветривания тупикового комбайнового забоя при выделениях взрывоопасных и ядовитых газов. В ней отмечается, что применение всасывающего способа проветривания тупиковых выработок калийных рудников в условиях газового рудника целесообразно использовать в случае выделения в атмосферу выработки ядовитых и физиологически вредных примесей.

В шестой главе автор затрагивает вопросы распространения соляной пыли при селективной выемке калийной руды в длинных очистных забоях (лавах). В ней отмечается, что селективная выемка полезного ископаемого, сопровождающаяся закладкой глинисто-галитового слоя в выработанное пространство, формирует наиболее сложные условия на рабочих местах в длинных очистных забоях, а также предлагаются

решения для минимизации массовой концентрации пыли.

В седьмой главе приводятся результаты исследований распространения соляной пыли в скипо-вентиляционных стволах при подъеме полезного ископаемого. Описываются проблемы образования соляных наростов на элементах армировки ствола. Предлагаются решения по предотвращению данного явления. Рассматривается проблема интенсивного пылеобразования при разгрузке скипов.

В заключении кратко сформулированы основные результаты работы.

Научная новизна

Рассматриваемая работа обладает несомненной научной новизной. Автором разработана трехмерная математическая модель турбулентного движения воздушно-соляной и бинарной газовой смеси в тупиковой комбайновой выработке, учитывающая расположение и работу двигателей комбайнового комплекса. Обоснована безопасность и эффективность применения всасывающего способа проветривания тупиковой комбайновой 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 комбайновой выработке, использующий зонирование ее воздушного пространства и повышающий эффективность использования свежего воздуха, подаваемого на проветривание. Разработана сетевая модель конвективно-диффузионного массопереноса соляных аэрозольных частиц в системе аэродинамически связанных горных выработок, учитывающая процессы коагуляции частиц и конденсации на них влаги, ведущей к эффективному осаждению частиц пыли. Определены важнейшие, входящие в математические уравнения модели, эмпирические параметры. Разработаны алгоритмы численного расчета краевых задач массопереноса соляной пыли, определенных на ориентированном графе, что позволяет моделировать распространение соляной пыли по шахтной вентиляционной сети.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Автором сформулировано пять научных положений, раскрытых и доказанных во 2–7 главах диссертации. Выводы диссертационного исследования информативны, основаны на полученных в работе результатах, теоретических и экспериментальных исследований.

Достоверность подтверждается хорошей сходимостью результатов математического моделирования и натурных экспериментальных исследований, сопоставимостью полученных данных с результатами других авторов, проводивших исследования в области борьбы с пылью, значительным объемом натурных наблюдений и данными численных экспериментов, положительными результатами реализации технических решений.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Полученные результаты позволяют использовать новый подход к нормализации состава атмосферы тупиковой комбайновой выработки, 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 комбайновых выработок отражены в нормативной документации ОАО «Беларуськалий».

Технические решения по снижению концентрации сильвинитовой 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 комбайновой выработке, 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 данные задачи с учетом пылевой обстановки.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

В ходе прочтения работы возникли следующие замечания:

1. В главе 2, на странице 58 приводится формула для определения $C_i(t, 0)$ концентрации пыли в узле на входе в горную выработку. Однако в ней отсутствует параметр, отвечающий за значение турбулентности на входе в узел.
2. В главе 3 указывается, что для моделирования динамики пылевого аэрозоля использовался континуальный подход к описанию движения аэродисперсной среды. Рассматривалось ли применение других подходов?
3. На рисунке 3.16 некорректно представлено расположение вентиляционного става, подсоединённого к штатному вентилятору пылеотсоса комбайна.
4. К сожалению, не рассматривается применение комбинированного способа проветривания. Возможно, он обладает большим потенциалом?
5. В разделе 4.2 на рисунке 4.5 представлена визуализация течения потоков воздуха в

выработке при нагнетательном способе проветривания. Будет ли формироваться указанный вихрь при применении другого типа комбайна?

В целом диссертация Исаевича А.Г. производит очень хорошее впечатление. Отмеченные замечания не снижают значимости диссертационной работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

В целом, диссертационная работа Исаевича Алексея Геннадьевича «Научное обоснование методологии управления пылевой обстановкой в горных выработках калийных рудников», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика, имеет несомненную научную значимость и важное хозяйственное значение для экономики страны.

Считаю, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года, 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.

Профессор кафедры
безопасности производств,
Санкт-Петербургский
Горный университет,
доктор технических наук,
профессор



Г.И. Коршунов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2, korshunov_gi@pers.spmi.ru +7 (812) 328-86-23.



Сделана запись
в журнале:
руководитель управления делопроизводства
и контроля документооборота



Е.Р. Яновицкая

08 ИЮН 2023

