

5. Иванов О.В., Нестерова С.Ю., Лядов В.О., Лукьянец Е.В. Региональное прогнозирование опасных по газодинамическим явлениям зон в условиях шахтного поля рудника Талицкого ГОКа // Горный журнал. – 2023 – № 11. – С. 84-88. – DOI: 10.17580/gzh.2023.11.14.
6. Кузнецова Е.А., Галкин В.И. Использование вероятностно-статистических методов для анализа глубоководных отложений Верхнепечорской впадины // Недропользование. – 2023. – Т. 23, №. 1. – С. 11-17. – DOI: 10.15593/2712-8008/2023.1.2.

УДК 622.4

DOI:10.7242/echo.2024.2.13

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РУДНИЧНОЙ АТМОСФЕРЫ ПРИ ПОЛНОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ ДОБЫЧИ РУДЫ ИЗ ПРОТЯЖЕННЫХ ТУПИКОВЫХ КАМЕР БОЛЬШОГО СЕЧЕНИЯ

Е.В. Накаряков

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В работе представлены результаты натуральных исследований рудничной атмосферы при полном технологическом цикле добычи руды из протяженных тупиковых камер большого сечения. Технологический цикл включает ведение взрывных работ, проветривание после взрывных работ и отгрузку руды погрузочно-доставочной машиной. В процессе ведения взрывных работ формируется застойная зона в камерном пространстве, где происходит скопление газов. Запертый газ постепенно выносятся на рабочее место машиниста погрузочно-доставочной машины. Показано, что при ведении работ по добыче руды буровзрывным способом в условиях тупиковых камер большого сечения необходим предварительный расчет объема выделяющихся газов и автоматический контроль выноса газов в рабочую зону горнорабочего, осуществляющего отгрузку руды.

Ключевые слова: рудничная вентиляция, тупиковая выработка, ядовитые газы, взрывные работы, двигатель внутреннего сгорания.

Введение

Добыча полезных ископаемых высокой крепости традиционно производится с помощью буровзрывных работ. При ведении взрывных работ образуются ядовитые газы, которые представляют большую опасность для горнорабочих. При детонации взрывчатого вещества образуются следующие газы [1,2]: оксиды азота NO, NO₂, N₂O₅, оксид углерода CO и сернистый ангидрид SO₂. При отработке краевых запасов рудных тел на рудниках Талнаха (Красноярский край, РФ) применяется камерная система разработки с закладкой отработанного пространства. Добыча руды производится в тупиковых камерах, проветриваемых нагнетательным способом с помощью вентиляторов местного проветривания. Величина поперечного сечения камерного пространства достигает 120 м², длина – до 30 м.

Камерное пространство формируется взрывными работами обратным порядком в кровлю заранее проведенной нарезной выработки. При этом после взрыва формируется навал руды, который отделяет камерное пространство от зоны активного проветривания (рисунок 1).

На рисунке 1 показаны два разнопроветриваемых объема тупиковой камеры: первый – до навала руды, проветриваемый активной струей воздуха, выходящего из вентиляционного трубопровода; второй – за навалом руды, проветриваемый за счет турбулентной диффузии.

Существует вероятность «запирания» облака ядовитых газов в пространстве за навалом руды и впоследствии с постепенной отгрузкой руды его выноса в нарезную выработку. В нарезной выработке расположено рабочее место машиниста погрузочно-доставочной машины. Таким образом, контроль выноса газов в процессе ведения работ является неотъемлемой задачей обеспечения безопасности горнорабочих.

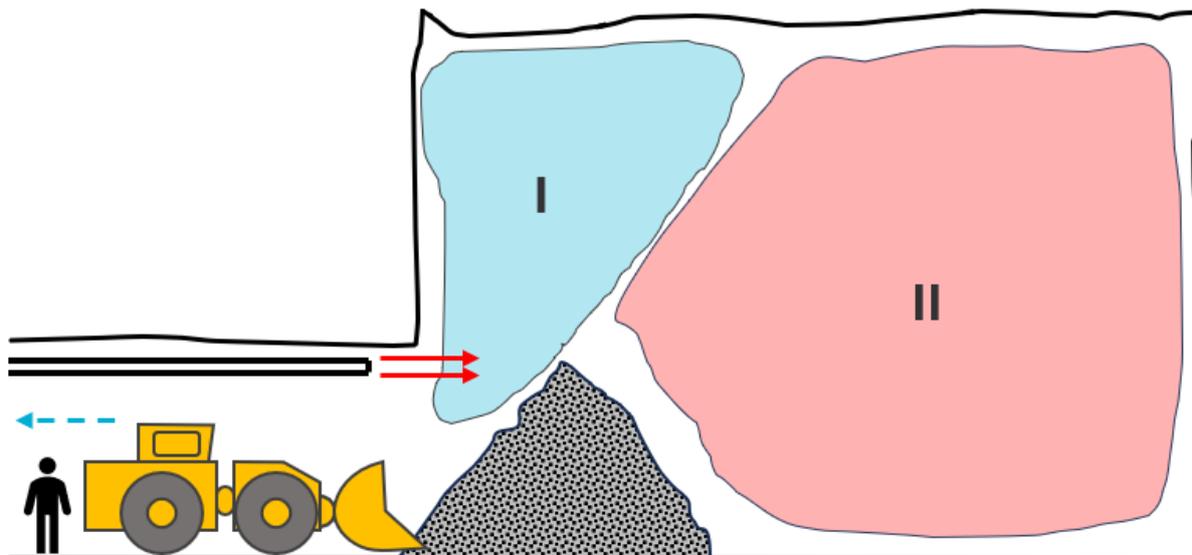


Рис. 1. Зоны проветривания тупиковой камеры большого сечения

Натурные измерения процесса выноса ядовитых газов в тупиковых камерах

Натурные измерения произведены для условий тупиковой камеры с длиной очистного пространства 30 м. До начала эксперимента произведено взрывание секции длиной 5 м, общий объем взрывчатого вещества составляет 4000 кг, газовость применяемого ВВ – 57 л/кг. Количество воздуха, поступающего на проветривание камеры составляет 13,2 м³/с, что соответствует расчетному значению по фактору разжижения ядовитых газов от двигателя внутреннего сгорания для погрузочно-доставочной машины AtlasCorpo Scooptram ST-14, осуществляющей отгрузку руды.

С целью оценки величин концентраций ядовитых газов, поступающих в нарезную выработку после взрывных работ и в процессе отгрузки руды, произведены натурные измерения. Фиксирование концентраций газов произведено с использованием портативных газоанализаторов ПГ Эрис-414. Размещаются два комплекта датчиков по разным бортам нарезной выработки в сечении рабочего места машиниста погрузочно-доставочной машины. Каждый из комплектов производит фиксацию следующих газов: H₂S, SO₂, NO, NO₂, CO, CO₂, O₂.

Ранее проведенные исследования качественного состава рудничной атмосферы в тупиковых камерах большого сечения [3,4,5] указывают на необходимость контроля оксидов азота (NO и NO₂) и оксида углерода (CO) при ведении работ по добыче руды из тупиковых камер большого сечения.

Ниже на рисунках 2, 3 приведены графики временной динамики величин концентраций оксида углерода (CO) и оксида азота (NO) после ведения взрывных работ в тупиковой камере, дальнейшем проветривании и в процессе отгрузки взорванной руды погрузочно-доставочной машиной. Взрыв произведен в 20:30.

Как видно из рисунков, время начала проветривания после взрывных работ – 21:45. Погрузочно-доставочная машина начала работы по отгрузке руды в 22:00. Концентрация оксида углерода достигает постоянных значений в 00:45.

Дополнительно с целью фиксации времени въезда и выезда техники размещены датчики температуры воздуха Kestrel D3. Фиксация произведена по резким повышением температуры, что означает наличие техники в камере. На рисунке 4 показаны результаты временной динамики изменения температур в пределах нарезной выработки.

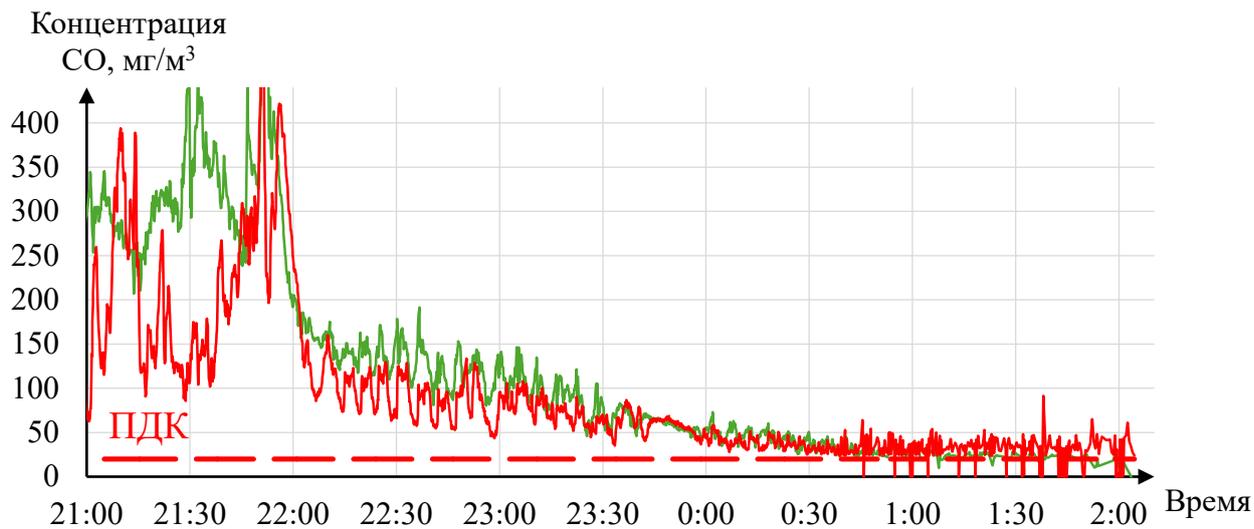


Рис. 2. График временной динамики концентраций окиси углерода (CO)

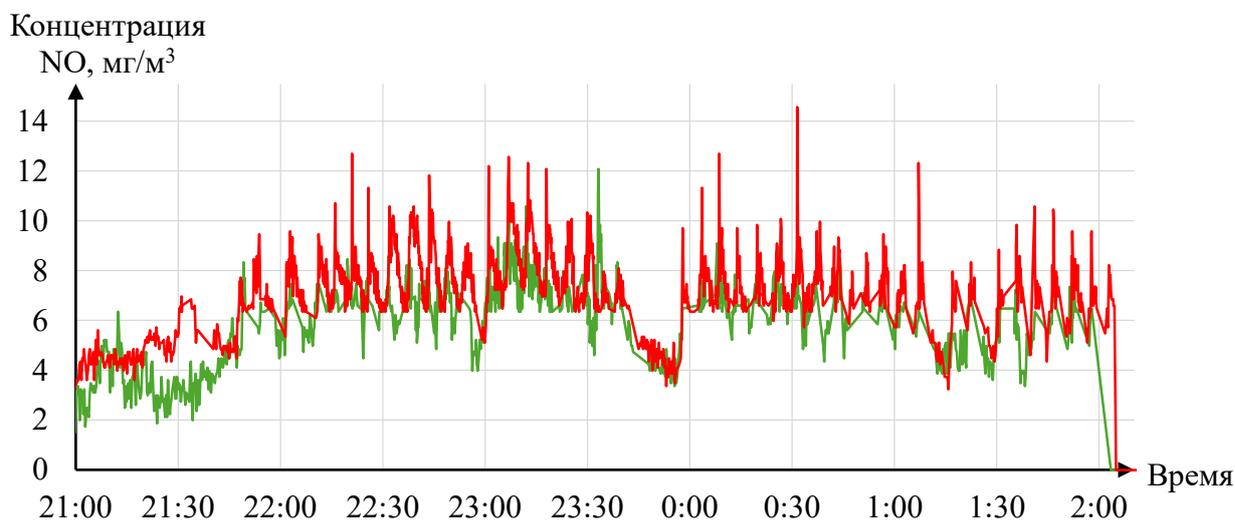


Рис. 3. График временной динамики концентраций оксида азота (NO)

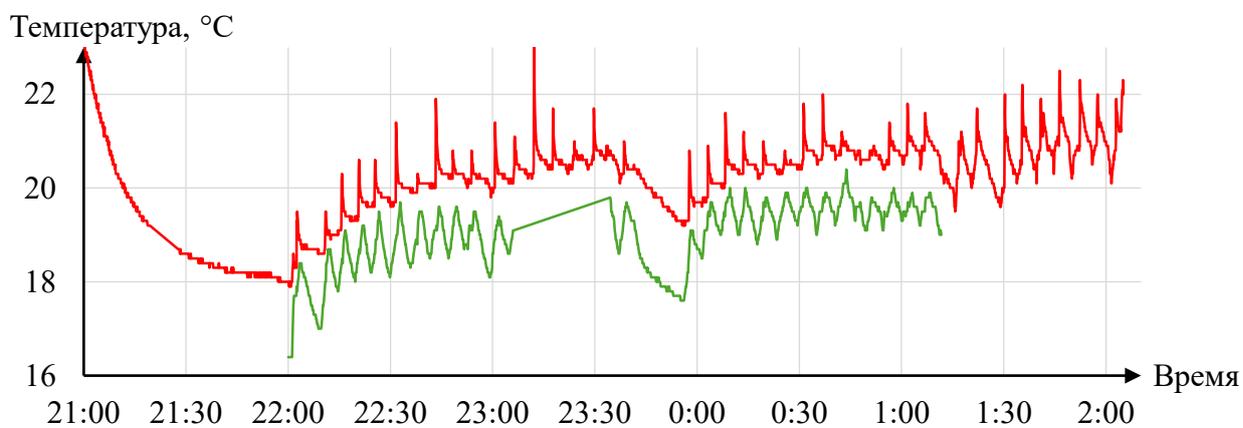


Рис. 4. График изменения температуры воздуха

Анализ полученных результатов

По результатам анализа полученных в ходе эксперимента данных выявлено, что при ведении взрывных работ в условиях тупиковых очистных камер преобладающим воздействием обладает оксид углерода (СО). В начальный момент измерений величины концентраций оксида углерода (СО) превышают предельно-допустимые значения более чем в 20 раз. Тогда как концентрации окислов азота (NO и NO₂) повышаются только в момент начала отгрузки руды погрузочно-доставочной машиной.

Сложный немонотонный характер временной зависимости концентрации оксида углерода (СО) в первые 105 минут указывает на то, что газ в камерном пространстве в момент вывала руды оказывается частично «запертым». Затем в процессе отгрузки руды и уменьшения размера навала руды газ неравномерно выносится из камеры в нарезную выработку через аэродинамические связи, появляющиеся между кровлей выработки и навалом руды – это видно по «всплескам» на кривых на рисунке 2. При этом важно понимать, что в момент вывала руды запирается не весь объем взрывных газов, а только его часть.

С целью оценки соотношения вынесенного и запертого газа необходимы натурные эксперименты в нескольких тупиковых выработках большого сечения при различных конфигурациях камерного пространства в комплексе с численным моделированием процесса выноса газов через навал руды, заданный как пористое тело. При этом по результатам численного моделирования видится возможным отделение концентраций газов от взрывных работ, как неизвестные и неизмеримые параметры, от концентраций газов от двигателя внутреннего сгорания, как возможные к измерению параметру.

Выводы

В результате анализа полученных данных в ходе натурального эксперимента можно сделать следующие выводы:

- 1) при ведении взрывных работ в условиях тупиковых очистных камер преобладающим воздействием обладает оксид углерода (СО). Величины концентраций могут превышать предельно-допустимые значения до 20 раз;
- 2) регламентного времени проветривания в 30 минут недостаточно для разжижения ядовитых газов до предельно-допустимых значений;
- 3) газы «запертые» в камерном пространстве постепенно выносятся в пространство нарезной выработки.

Таким образом, при ведении работ по добыче руды буровзрывным способом в условиях тупиковых камер большого сечения необходим предварительный расчет объема выделяющихся газов и автоматический контроль выноса газов в рабочую зону горнорабочего, осуществляющего отгрузку руды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках соглашения (рег. номер НИОКТР 124020500030-7).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабкин Р.С., Парамонов Г.П. К вопросу снижения выбросов оксидов азота при ведении взрывных работ // Мониторинг. Наука и технологии. – 2018. – № 2 (35) – С. 31-34.
2. Козырев С.А., Власова Е.А. Газовая вредность взрывчатых веществ, применяемых в горнодобывающей промышленности // Горная промышленность. – 2021. – № 5. – С.106–111. – DOI: 10.30686/1609-9192-2021-5-106-111.
3. Накаряков Е.В., Семин М.А., Гришин Е.Л., Колесов Е.В. Анализ закономерностей накопления и выноса выхлопных газов от машин с двигателями внутреннего сгорания в тупиковых камерообразных горных выработках // Безопасность труда в промышленности. – 2021. – № 5. – С. 41-47. – DOI: 10.24000/0409-2961-2021-5-41-47.

4. Накаряков Е.В. Натурные исследования рудничной атмосферы при работе техники с двигателями внутреннего сгорания // Горное эхо. – 2021. – № 4 (85). – С. 113-118. – DOI: 10.7242/echo.2021.4.22.
5. Накаряков Е.В. Исследование качественного состава рудничной атмосферы тупиковой горной выработки при отгрузке руды техникой с двигателем внутреннего сгорания // Горное эхо. – 2022. – № 2 (87). – С. 119-122. – DOI: 10.7242/echo.2022.2.19.

УДК 622.814

DOI:10.7242/echo.2024.2.14

СЛОЖНОСТЬ ПРАКТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ВЕНТИЛЯЦИИ ШАХТ ПРИ ПОЖАРАХ

Д.Ю. Палеев

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В статье представлен обзор существующих методов расчета аварийных режимов при пожарах в шахтах в стационарной и нестационарной постановках. Описаны их достоинства и недостатки при моделировании сложных физических процессов при пожарах. Показана необходимость упрощения существующей физико-математической модели, в основе которой лежит замкнутая система уравнений газовой динамики в нестационарной постановке, и необходимость в разработке специальных методов ускорения вычислений, учитывающих особенности моделируемых процессов.

Ключевые слова: шахта, горные выработки, вентиляционная сеть, подземный пожар, газодинамический метод, математическая модель.

Введение

Подземные пожары – сложный и опасный вид аварий, тушение которых всегда требует больших материальных затрат, часто носит затяжной характер, может сопровождаться безвозвратной потерей горных выработок, дорогостоящего оборудования и человеческими жертвами. В последние годы, при общем снижении количества пожаров, сложность и время их ликвидации возрастают из-за возможных взрывов метана и угольной пыли. Здесь первостепенную роль имеет выбор и организация правильного аварийного режима проветривания, обеспечивающего [1]:

- безопасный выход людей из аварийного участка или всей шахты на поверхность и уменьшение распространения продуктов горения в другие выработки шахты;
- выполнение первоочередных мер по тушению пожара.

Причем выбор аварийного режима надо делать в условиях, когда часть вентиляционных и изолирующих сооружений разрушены или повреждены, в выработках с высокой температурой возникли дополнительные источники тяги в виде тепловой депрессии, появились новые или интенсифицировались прежние источники газовыделения. В результате горноспасатели сталкиваются с необходимостью рассчитывать распределение вентиляционных потоков в сети горных выработок, плотность и температура которых изменяются во времени.

По мере усложнения условий добычи угля эволюционировали и методы решения задач вентиляции. Так, аналитические методы расчета вентиляции для простых вентиляционных сетей были достаточно хорошо разработаны уже в конце XIX века трудами европейских ученых. Тем не менее, такие вопросы как определение режимов работы вентиляторов и распределение воздуха по горным выработкам приходилось часто решать на глазок. А это нередко приводило к серьёзным ошибкам.

Одной из первых попыток перевести рудничную аэродинамику на научную базу путем использования достижений газовой динамики, явилась диссертация А.А. Скочин-