

РУДНИЧНАЯ АЭРОГАЗОДИНАМИКА И ГОРНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 622.4

DOI:10.7242/echo.2022.4.20

ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗДУХОМ РУДНИКОВ ПО ФАКТОРУ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВС

Е.Л. Гришин

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В статье представлены результаты натурных исследований проветривания рабочих зон машин с двигателями внутреннего сгорания в рудниках. Произведен анализ зависимости требуемых расходов воздуха от режимов работы двигателя.

Ключевые слова: рудничная вентиляция, двигатель внутреннего сгорания, окислы азота, расчет количества воздуха.

Одним из ключевых факторов, определяющих параметры системы вентиляции современных рудников, является газовыделение в результате работы горного оборудования с двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Зачастую на рудных шахтах машины с ДВС – это основной потребитель воздуха в период, когда не ведутся взрывные работы. Актуальность определения минимального расхода воздуха, необходимого для разбавления компонентов выхлопных газов до ПДК, очень высока, так как напрямую влияет на технические решения, закладываемые при проектировании: количество и сечения горных выработок для пропуска необходимых расходов воздуха, параметры главных вентиляторно-калориферных установок [1, 2].

Одним из вопросов при расчете количества воздуха для рабочих зон машин с ДВС является вопрос режима работы двигателя при выполнении рабочих операций. Режим работы двигателя ДВС определяет количество выхлопных газов: как за счет частоты вращения коленвала, так и за счет подключения турбонаддува при определенном уровне нагрузки [3-5].

На рисунке 1 представлены результаты натурных измерений концентрации вредных компонентов отработанных выхлопных газов непосредственно на выхлопе ПДМ на одном из рудников. Ось абсцисс является шкалой времени эксперимента, ось ординат – концентрация газов в ppm. Режим работы двигателя во время эксперимента изменялся от режима холостого хода 9.20 – 9.23, средней нагрузки 9.23 – 9.24, до максимальной нагрузки 9.24 – 9.25 (машина выполняла операции по зачерпыванию руды ковшем).

Полученные в результате эксперимента кривые концентраций газов приводят к очевидному на первый взгляд выводу: расход воздуха, который необходимо подать в рабочую зону машины с ДВС, напрямую определяется режимом работы двигателя при максимальной нагрузке, так как целью рудничной вентиляции является непрерывное обеспечение безопасных условий для дыхания горнорабочих.

Однако проведенные эксперименты по определению требуемых расходов воздуха для разбавления продуктов отработанных выхлопных газов в границах рабочей зоны ставят под сомнение однозначность полученного выше вывода. Результаты определения требуемых расходов для проветривания тупиковой выработки при работе в ней различных ПДМ в натурных условиях представлены в таблице 1. На основе замеренных концентраций в устье тупиковой выработки определены требуемые расходы воздуха для проветривания как рабочей зоны в целом, так и удельные расходы воздуха на

единицу мощности ДВС в режимах холостого хода и максимальной нагрузки. Устье тупиковой выработки выбрано в качестве естественной границы рабочей зоны, где за счет турбулентного перемешивания происходит выравнивание концентрации компонентов выхлопных газов по сечению выработки. В проведенных экспериментах устье тупиковой выработки располагалось в 20-35 м от выхлопа ПДМ. Данное расстояние обосновано натурными замерами и трехмерным численным моделированием воздушных потоков в тупиковых рабочих зонах при работе ПДМ, проветриваемых вентилятором местного проветривания.

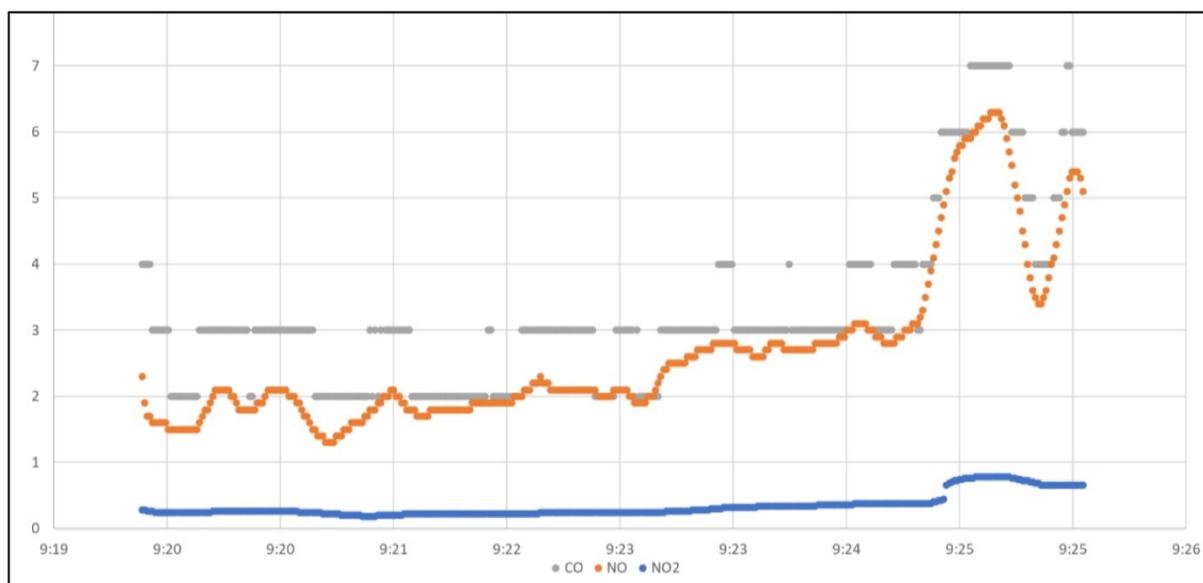


Рис. 1. Концентрация компонентов выхлопных газов (ppm) при изменении режима работы двигателя

Таблица 1

Расчетные расходы воздуха для машин с ДВС при изменении режима работы двигателя на основе фактических замеров выхлопных газов

Требуемый расход воздуха по данным замеров	Caterpillar R1300G	Caterpillar R1600G	Elphinstone R1600	Elphinstone R1600	Caterpillar R1700G	Elphinstone R1700	Elphinstone R1700	Sandvik LH514	Sandvik LH514	Sandvik TH540	Sandvik TH540	Sandvik TH540
	№705	№702	№703	№700	№709	№707	№710	№708	№701	№741	№744	№743
Холостой ход, м ³ /с	8,4	10,3	4,9	10,9	9,9	10,8	6,3	14,4	17,4	9,5	6,4	21,3
Холостой ход, м ³ /мин на л.с	3,1	2,1	1,0	2,2	1,7	1,8	1,1	2,5	3,0	1,0	0,7	2,3
Максимальная нагрузка, м ³ /с	9,1	18,1	7,6	16,1	8,7	10,5	8,2	17,3	13,9	11,1	6,4	21,3
Максимальная нагрузка, м ³ /мин на л.с	3,3	3,7	1,6	3,3	1,5	1,8	1,4	3,0	2,4	1,2	0,7	2,3

Результаты эксперимента показывают, что нет такой очевидной разницы между требуемым расходом воздуха в режимах холостого хода и максимальной нагрузки. С целью поиска объяснения данного факта проведен ряд экспериментов, в которых замеры концентрации выхлопных газов проводились в разных точках в границах рабочей зоны ПДМ в тупиковой выработке.

Результаты одной серии эксперимента представлены на рисунке 2. По оси абсцисс отложено время эксперимента, по оси ординат – концентрация окислов азота NO_x в ppm. Стоит отметить, что подобные графики получены и для других ядовитых компонентов выхлопных газов (раздельно NO , NO_2 , CO). Графики других компонентов качественно совпадают с представленным графиком NO_x , но, в отличие от него, не обладают такой наглядностью. В рабочей зоне располагалось четыре датчика концентрации ядовитых газов: в кабине машиниста, перед кабиной, в районе выхлопной трубы (вверх сзади) и в устье тупиковой выработки.

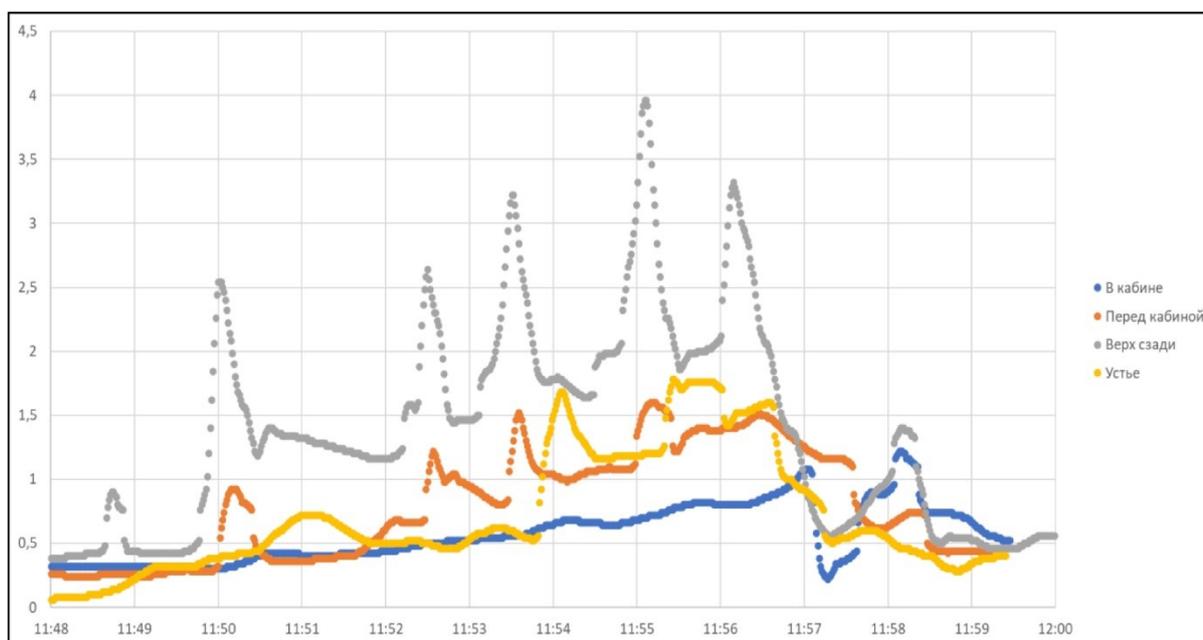


Рис. 2. Концентрация суммарного NO_x (ppm) при расположении датчика в разных местах рабочей зоны

Основные пики концентрации отмечены в районе выхлопной трубы и соответствуют нагрузке на двигатель в момент, когда машина выполняла зачерпывание породы ковшем. Наблюдаемая картина идентична графику, представленному на рисунке 1. Однако данные датчиков, расположенных в других точках, не показывают такой зависимости от режима работы двигателя. В районе кабины, как и в устье выработки наблюдается сглаживание концентраций. Этот эффект объясняется тем, что происходит разбавление продуктов выхлопных газов подаваемым воздухом со снижением как общего фона, так и усреднением концентрации по времени и снижением зависимости от режима работы двигателя. В кабине же машиниста, где непосредственно и находится горнорабочий вообще не наблюдается зависимости от режима работы: происходит плавное повышение концентрации газа. Колебания концентрации в кабине после 11:57 связаны с тем, что в этот момент машина начала движение по тупиковой выработке к ее устью.

Проведенные исследования показывают, что определение требуемого расхода воздуха для рабочих зон машин с ДВС на основании только данных о максимальном режиме работы двигателя некорректно и приводит к завышению значений расходов воздуха. Кроме того, принятие дополнительных организационных мер по исключению нахождения рабочих в выработке при работе в ней ПДМ и нахождении оператора либо в кабине, либо на свежей струе воздуха гарантировано позволяют обеспечить безопасные условия труда в случае расчета воздуха на основе максимальных режимов работ двигателя ПДМ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках соглашения по государственному заданию № 075-03-2021-374 от 29 декабря 2020 г. (рег. номер 122012000396-6).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Левин Л.Ю., Зайцев А.В., Гришин Е.Л., Семин М.А. Расчет количества воздуха по содержанию кислорода для проветривания рабочих зон при применении машин с двигателями внутреннего сгорания // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 8. – С. 43-46.
2. 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.
3. Накаряков Е.В., Гришин Е.Л. Анализ влияния производственного цикла работы погрузочно-доставочной машины в очистной тупиковой камере на эффективность проветривания // Горное эхо. – 2020. – № 3 (80). – С. 120-123. – DOI: 10.7242/echo.2020.3.23.
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. Nakaryakov E.V., Grishin E.L. Ventilation in long blind stopes during operation of load-haul-dumpers with combustion engines // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – V. 773, № 1. – Номер статьи 012077. – DOI: 10.1088/1755-1315/773/1/012077.

УДК 622.4

DOI:10.7242/echo.2022.4.21

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИНТЕГРАЦИИ С ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМОЙ РОСТЕХНАДЗОРА

А.В. Зайцев

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В статье представлены новейшие разработки в области интеллектуального мониторинга технологических процессов и состояния сооружений на горнодобывающих предприятиях. Суть подхода заключается в интеграции систем измерений с математическими моделями объектов мониторинга, что позволяет повысить уровень анализа получаемых данных, а также осуществлять прогноз развития ситуации, определять интегральные критерии безопасности функционирования объекта. Представлены два примера реализации таких разработок – мониторинг систем рудничной вентиляции и состояния надшахтного здания скипового ствола. Сформулированы предложения по развитию данного направления с учетом реализации цифровой платформы Ростехнадзора и современной нормативной базы.