

К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАЩИТЫ СИСТЕМ АЭРОГАЗОВОГО КОНТРОЛЯ ШАХТЫ ОТ ЛОЖНЫХ СРАБАТЫВАНИЙ ПРИ РАБОТЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Серёгин А.С., Иконников Д.А., Белехов П.А.

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург

Ключевые слова: рудничный воздух, шахтные автосамосвалы с дизельным приводом, шахтные дизелевозы, выхлопные газы, концентрация загрязняющих веществ.

Аннотация. Горнодобывающая промышленность является важной отраслью Российской экономики, однако с ростом объёмов производства угольной промышленности возникают новые проблемы, связанные с безопасностью на предприятиях. Одной из проблем является ложное срабатывание датчиков АГК в результате действия на них выхлопных газов. Один из возможных способов решения этой проблемы – определение зон распространения вредных газов дизельной техники и принятие мер по изменению позиционирования датчиков для минимизации вероятности ложного срабатывания. Важно также рассмотреть пересмотр нормативных документов и определение максимального времени, требуемого для снижения концентрации выхлопных газов вблизи датчиков. В целом, решение проблемы газоаналитического контроля в шахтной атмосфере требует инновационных подходов и доработок нормативно-правовых документов.

ON THE ISSUE OF ORGANIZING PROTECTION OF THE MINE'S AEROGAS CONTROL SYSTEM FROM FALSE ALARMS DURING THE OPERATION OF DIESEL TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Seregin A.S., Ikonnikov D.A., Belekhov P.A.

Saint-Petersburg Mining University of Empress Catherine II, Saint-Petersburg

Keywords: mine air, mine dump trucks with diesel drive, mine diesel trucks, exhaust gases, concentration of pollutants.

Abstract. The mining industry is an important sector of the Russian economy, however, with the growth of production volumes in the coal industry, new problems arise related to safety at enterprises. One of the problems is false activation of the AGK sensors as a result of the action of exhaust gases on them. One of the possible ways to solve this problem is to determine the distribution zones of harmful gases from diesel equipment and take measures to change the positioning of sensors to minimize the likelihood of false alarms. It is also important to consider reviewing regulations and determining the maximum time required to reduce exhaust gas concentrations in the vicinity of sensors. In general, solving the problem of gas analytical monitoring in a mine atmosphere requires innovative approaches and improvements in regulatory documents.

Введение

Одной из важнейших отраслей Российской экономики является горнодобывающая промышленность, специализирующаяся на процессах добычи полезного ископаемого, его переработки и обогащения. С каждым годом темпы развития и объёмы производства угольной промышленности растут. В связи с этим возрастают и требования к безопасности на предприятиях и появляются новые задачи, ранее не столь актуальные [1].

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики общие объёмы промышленного производства в декабре 2022 года сократились на незначительные -4,3% по сравнению с тем же периодом годом ранее. Однако в сравнении с ноябрём обозначен рост на +10,9% [2].

Динамика Индекса промышленного производства за последние три года по отношению к 2019 году представлена на рисунке 1.

Высокая потребность в энергоресурсах обуславливает наращивание мощностей добычи полезного ископаемого. Быстрый рост темпов добычи приводит к недостаточному контролю газовой обстановки производства в целом [3, 4] повышение объёмов газовыделения забоев за

счёт более интенсивной обработки, увеличение числа используемой самоходной техники, представляющей собой один из главных загрязнителей окружающей среды подземного пространства [5, 6].



Рис. 1. Индекс промышленного производства в % к среднемесячному значению 2019 года

Основная часть

К основным регулятивным документам в области контроля аэрогазовой атмосферы горных предприятий относятся Приказ № 507 от 8 декабря 2020 г. «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах»», Приказ № 506 от 8 декабря 2020 г. «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по аэрологической безопасности угольных шахт»» [7].

Согласно [7] ПДК оксидов азота (в пересчёте на диоксид азота) по объёму должны составлять 0,000025% (п. 115), диоксида азота 0,00010% (п. 115), а оксида углерода 0,0017% (п. 103). Другие величины ПДК компонентов отработавших газов дизельного двигателя представлены в таблице 1.

Табл. 1. Состав отработавших газов ДВС

Компонент ОГ	Концентрация ОГ	Токсичные компоненты ОГ дизелей на режиме полной нагрузки	
		Концентрация, г/м ³	Удельный выброс, г/(кВт/ч)
Азот (N ₂)	74-78%	–	–
Монооксид углерода (CO)	0,005-0,4%	0,25-2,5	1,5-12,0
Диоксид углерода (CO ₂)	1,0-12,0%	40-240	–
Оксиды азота (NO _x), в том числе монооксид азота (NO) и диоксид азота (NO ₂)	0,004-0,5%	1,0-8,0	10-30
Сажа (C)	0,01-1,1 г/м ³	0,05-0,5	0,25-2,0

Оксид углерода, попадая в человеческий организм, мгновенно связывается с гемоглобином в крови. Продолжительное воздействие приводит к кислородному голоданию, тошноте [8], головокружению, а в дальнейшем – к смертельному исходу [9]. Степень влияния СО на организм определяется их концентрациями и периодом воздействия на организм (рис. 2).

Оксиды азота в первую очередь влияют на дыхательную систему человека. Проявления этого воздействия включают в себя отек легких, удушье, тошноту и головную боль. Кроме того, взаимодействие кожи или глаз с газообразным состоянием оксидов азота или диоксидом жидкого азота может вызвать раздражение и ожоги.

Чтобы контролировать атмосферу горной выработки, проводят измерение содержания диоксида углерода, кислорода, оксидов азота и метана, а также температуры, пылевого фактора, расхода воздуха и относительной влажности [10].

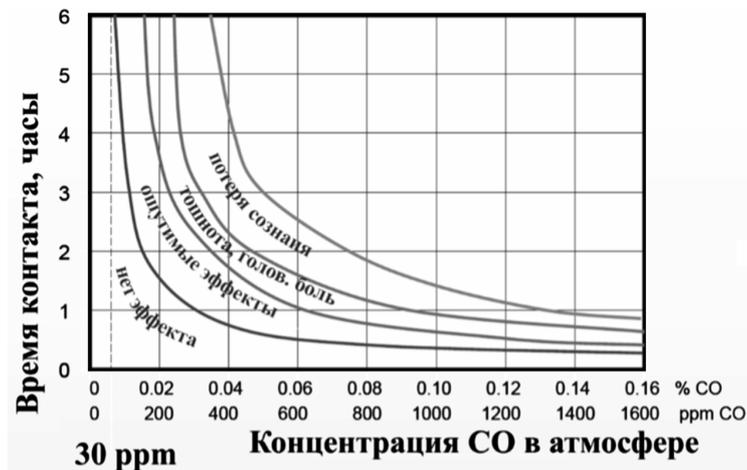


Рис. 2. Графическое представление влияния концентрации CO и времени воздействия на характер последствий для человека

Система аэрогазового контроля (АГК) предназначена для непрерывного автоматического контроля параметров воздушной атмосферы выработки, а также для хранения и анализа зафиксированной информации [11, 12].

Согласно п. 160. «Положения об организации аэрогазового контроля, проектировании, монтаже, эксплуатации и применении систем аэрогазового контроля в угольных шахтах» [13] время срабатывания измерительной системы АГК должно быть не более 15 с при контроле метана и не более 0,8 с для быстродействующих групповых метанометров, расположенных на технических средствах. Если речь идет об измерении оксидов углерода, то необходимо придерживаться основного порога допустимой относительной погрешности, находящегося в пределах от 0,0017 до 0,0004%. Максимальные интервалы обращения автоматического, циклического и постоянного сбора информации датчиками АГК должны удовлетворять пределам погрешностей и соответствовать следующим значениям: 1 мин для основных параметров и 5 мин для дополнительных. При этом прохождение команд ТУ не должно превышать 5 с.

На сегодняшний день при применении датчиков АГК рудничной атмосферы возникает проблема установления источника выброса, что может приводить к ложной индикации пожара, например, в случае работы вблизи датчика монооксида углерода самоходной дизельной техники.

Оксиды углерода – главные индикаторные газы, используемые в качестве ранних признаков пожара на шахтах [13].

В случае регистрации датчиками АГК превышенных концентраций фиксируемых компонентов необходимо немедленно прекратить все работы в зоне расположения датчика (пп. 159-163). Часто причинами таких превышений являются регистрация выхлопных газов движущегося вблизи датчика дизельного транспорта.

У самоходной дизельной техники, применяемой в подземных условиях, концентрация монооксида углерода и оксидов азота значительно превышает ПДК в воздухе рабочей зоны. При этом для снижения концентрации до значений ниже ПДК требуется некоторое время, определяемое параметрами вентиляции, а также местом и интенсивностью выброса выхлопных газов. Такие регулярные случаи регистрации превышенных ПДК компонентов выхлопных газов стационарными датчиками АГК по причине проезжающих поблизости самоходных машин с дизельным двигателем приводят к значительному увеличению времени простоя оборудования и длительной остановке проведения горных работ, что, в свою очередь, влечет за собой снижение производительности как отдельного участка, так и всей шахты в целом. В тоже время игнорирование подобных сигналов ведет к непринятию оперативных мер по эвакуации людей из опасных участков в случае возникновения пожара или задымления на участке.

Методы решения проблемы ложного срабатывания датчиков АГК

Одним из возможных способов устранения ложного срабатывания датчиков АГК в результате действия на них выхлопных газов является определение зон распространения ОГ дизельной техники, что дает возможность принять меры по изменению позиционирования датчиков АГК с целью минимизации вероятности ложного срабатывания. Данный способ должен уменьшить число срабатываний, причиной которых являются выхлопные автомобильные газы, но одновременно с этим сохранить производительность предприятия на высоком уровне. Кроме того, необходимо пересмотреть нормативные документы и инструкции для производственных объектов [7]. Данное решение требует тщательной проработки.

Также одним из возможных способов устранения ложного срабатывания датчиков АГК может стать определение максимального времени, требуемого для снижения концентрации выхлопных газов при прохождении вблизи датчика самоходной дизельной установки. Такое время разбавления можно рассчитать из условий выработки с фиксированными геометрическими размерами, расхода воздуха и выбросов.

Заключение

Увеличение глубины отработки месторождений, а также повышение производительности добычи полезных ископаемых обуславливает новые задачи по обеспечению АГК шахтной атмосферы в современных условиях. Несмотря на достаточно большое число технических решений, сфера газоаналитического оборудования по-прежнему требует инновационных подходов, а нормативно-правовые документы доработки.

Срабатывание датчиков АГК на выхлопные газы при проезде техники с ДВС создает простои, не связанные с аварийной ситуацией, что в свою очередь влияет на экономику предприятия в целом. В тоже время игнорирование подобных сигналов может привести к непринятию оперативных мер по эвакуации людей из опасных участков в случае возникновения пожара или задымления на участке. Таким образом, выявленная проблема требует решения.

Список источников

1. Кабанов Е.И., Коршунов Г.И., Корнев А.В., Мяков В.В. Анализ причин взрывов, вспышек и воспламенений метана в угольных шахтах России в 2005-2019 гг. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – №2-1. – С. 18-29. – DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-18-29.
2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] // Динамика промышленного производства в 2022 году. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/196621>.
3. Туманов М.В., Гендлер С.Г., Кабанов Е.И., Родионов В.А., Прохорова Е.А. Индекс персонального риска, как перспективный инструмент управления человеческим фактором в охране труда // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – №6-1. – С. 230-247. – DOI: 10.25018/0236_1493_2022_61_0_230.
4. Кабанов Е.И. Определение допустимого профессионального риска травмирования работников угледобывающих предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – №5. – С. 167-180. – DOI: 10.25018/0236_1493_2022_5_0_167.
5. Малых И.Б., Корнев А.В., Коршунов Г.И., Серёгин А.С. К вопросу проветривания подземных горных выработок при работе дизель-гидравлических локомотивов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – №6-1. – С. 140-156. – DOI: 10.25018/0236_1493_2022_61_0_140.
6. Белехов П.А. Математическое моделирование разбавления выхлопных газов при работе ДВС в подземных горных выработках // Тезисы докладов XVIII Международного форума-конкурса студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (Санкт-Петербург, 15-21 мая г.). Т. 1. – СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2022. – С. 388-391.
7. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Приказ от 8 декабря 2020 г. N 506. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по аэрологической безопасности угольных шахт». – Зарег. в Минюсте России 29 декабря 2020 г. N 61918.
8. Еремеева А.М., Мешков А.А., Панькин А.Н. Улучшение условий труда подземного персонала шахт за счет снижения концентрации вредных выбросов при работе дизелевозов // Горный информационно-аналитический. – 2020. – №S23. – С. 20-30. – DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-23-20-30.
9. Halim A. Ventilation requirements for diesel equipment in underground mines – Are we using the correct values? // Proceedings of 16th North American Mine Ventilation Symposium. – USA, 2017. – P. 1-7.
10. Баловцев С.В., Скопинцева О.В. Аэрологические риски как ключевой фактор обоснования безопасности угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – №S1. – С. 5-13. – DOI: 10.25018/0236-1493-2020-1-1-5-13.

11. Панфилов В.Д., Мананников С.Д. Автоматизация аэрогазового контроля горных выработок с использованием распределенных систем мониторинга запыленности // Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения» (г. Новокузнецк, 17-18 мая 2022 г.). Вып. 26. Ч. V. – Новокузнецк: СибГИУ, 2022. – С. 373-377.
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023612641 РФ. Программа контроля положения датчиков системы аэрогазового контроля (АГК) шахт / Е.Э. Поздеев, В.М. Иванов. – Заявка № 2023610957 от 25.01.2023; зарег. 06.02.2023.
13. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Приказ от 1 декабря 2011 г. N 678. Об утверждении Положения об аэрогазовом контроле в угольных шахтах. – Зарег. в Минюсте России 29 декабря 2011 г. N 22812.

References

1. Kabanov E.I., Korshunov G.I., Kornev A.V., Myakov V.V. Analysis of the causes of explosions, flares and ignitions of methane in coal mines of Russia in 2005-2019 // Mining information and analytical bulletin. 2021, no. 2-1, pp. 18-29. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-18-29.
2. Federal State Statistics Service [Electronic resource] // Dynamics of industrial production in 2022. – Access mode: <https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/196621>.
3. Tumanov M.V., Gendler S.G., Kabanov E.I., Rodionov V.A., Prokhorova E.A. Personal risk index as a promising management tool for human factor in labor protection // Mining information and analytical bulletin. 2022, no. 6-1, pp. 230-247. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_61_0_230.
4. Kabanov E.I. Determination of the permissible occupational risk of injury to employees of coal mining enterprises // Mining information and analytical bulletin. 2022, no. 5, pp. 167-180. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_5_0_167.
5. Malykh I.B., Kornev A.V., Korshunov G.I., Seregin A.S. On the issue of ventilation of underground mine workings during operation of diesel-hydraulic locomotives // Mining information and analytical bulletin. 2022, no. 6-1, pp. 140-156. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_61_0_140.
6. Belekhov P.A. Mathematical modeling of dilution of exhaust gases during operation of internal combustion engines in underground mine workings // Abstracts of the XVIII International Forum-competition of students and young scientists "Actual problems of subsoil use" (Saint-Petersburg, May 15-21). Vol. 1. – SPb.: Saint-Petersburg Mining University, 2022. – P. 388-391.
7. Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision. Order No. 506 dated December 8, 2020. On the approval of Federal norms and rules in the field of industrial safety "Instruction on aerological safety of coal mines". – Reg. in the Ministry of Justice of the Russian Federation on December 29, 2020, No. 61918.
8. Ereemeeva A.M., Meshkov A.A., Pankin A.N. Improving the working conditions of underground mine personnel by reducing the concentration of harmful emissions during the operation of diesel locomotives // Mining information and analytical bulletin. 2020, no. S23, pp. 20-30. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-23-20-30.
9. Halim A. Ventilation requirements for diesel equipment in underground mines – Are we using the correct values? // Proceedings of 16th North American Mine Ventilation Symposium. – USA, 2017. – P. 1-7.
10. Balovtsev S.V., Skopintseva O.V. Aerological risks as a key factor in substantiating the safety of coal mines // Mining information and analytical bulletin. 2020, no. S1, pp. 5-13. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-1-1-5-13.
11. Panfilov V.D., Manannikov S.D. Automation of aerogasic control of mining operations using distributed dust monitoring systems // Proceedings of the All-Russian Scientific Conference of students, postgraduates and young scientists "Science and youth: problems, searches, solutions" (Novokuznetsk, May 17-18, 2022). Issue 26. Part V. – Novokuznetsk: SibSIU, 2022. – P. 373-377.
12. Certificate of state registration of the computer program No. 2023612641 of the Russian Federation. The program for monitoring the position of sensors of the aerogasic control system (AGC) of mines / E.E. Pozdееv, V.M. Ivanov. – Appl. No. 2023610957 from 25.01.2023; reg. 06.02.2023.
13. Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision. Order No. 678 dated December 1, 2011. On the approval of the Regulations on aerogas control in coal mines. – Zareg. in the Ministry of Justice of the Russian Federation on December 29, 2011 N 22812.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Серёгин Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры Безопасности производств	Seregin Aleksandr Sergeevich – candidate of technical sciences, associate professor of Department of industrial safety
Иконников Дмитрий Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры Безопасности производств	Ikonnikov Dmitrii Andreevich – candidate of technical sciences, associate professor of Department of industrial safety
Белехов Павел Александрович – аспирант belekhovpavel@mail.ru	Belekhov Pavel Aleksandrovich – postgraduate student

Получена 27.06.2024