

К вопросу обеспыливания воздуха при погрузке и транспортировании угля

On the issue of dust clearing air during loading and transportation of coal

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-5-107-110>

Актуальность проблемы определяется необходимостью совершенствования средств и способов пылеподавления при транспортировании, погрузке и разгрузке угля, сопровождающихся значительным пылеобразованием и пылевыведением. Приведен обзор способов обеспыливания воздуха на горно-металлургических предприятиях, где осуществляются погрузочно-разгрузочные работы под открытым небом. Перечислены основные источники пыления, описано влияние на окружающую среду с одновременным обеспечением максимально возможных безопасных условий труда работников, осуществляющих транспортировку угля под открытым небом. В экспериментальных исследованиях установлено, что резкое уменьшение времени смачивания тонкодисперсных фракций пыли бурых углей происходит при концентрации раствора смачивателя СП-01 0,3%. Даны рекомендации по улучшению качества атмосферного воздуха и условий труда работников, выполняющих работы под навесом склада для угля.

Ключевые слова: пыль, уголь, окружающая среда, загрязнение, условия труда, безопасность труда, погрузочно-разгрузочные работы, поверхностно-активные вещества.

Для цитирования: Пернебек Б.П., Рассолова М.А., Серянина А.В. К вопросу обеспыливания воздуха при погрузке и транспортировании угля // Уголь. 2024;(5):107-110. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-5-107-110.

Abstract

The urgency of the problem is determined by the need to improve the means and methods of dust suppression during transportation, loading and unloading of coal, which is accompanied by significant dust formation and dust release. An overview of methods for air dust removal at mining and metallurgical enterprises where loading and unloading operations are carried out in the open air is provided. The main sources of dust are listed, the impact on the environment is described while simultaneously ensuring the highest possible safe working conditions for workers transporting coal in the open air. Experimental studies have established that a sharp decrease in the wetting time of finely dispersed brown coal dust fractions occurs when the concentration of the SP-01 wetting solution is 0.3%. Recommendations are given to improve the quality of atmospheric air and the working conditions of workers performing work under the canopy of a coal warehouse.

ПЕРНЕБЕК Б.П.

Аспирант НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: pbektur@mail.ru

РАССОЛОВА М.А.

Аспирант НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: rassolova.ma@misis.ru

СЕРЯНИНА А.В.

Аспирант НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: seryanina.av@edu.misis.ru

Key words

Dust, coal, environment, pollution, working conditions, labor safety, loading and unloading operations, surfactants.

For citation

Pernebek B.P., Rassolova M.A., Seryanina A.V. On the issue of dust clearing air during loading and transportation of coal. *Ugol'*. 2024;(5):107-110. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-5-107-110.

ВВЕДЕНИЕ

Возрастание роли каменного и бурого угля как стратегического ресурса связано с востребованностью угля в металлургической, топливно-энергетической, химической и других отраслях [1]. Добыча угля сопровождается такими негативными факторами для атмосферы горных предприятий и окружающей среды, как газовыделение, пылевыведение, пылеотложение. Но и вспомогательные операции, связанные с транспортировкой полезных ископаемых, включающие погрузочно-разгрузочные работы, складирование, хранение и переработку, также сопровождаются значительными газопылевыведениями, способными привести к самовозгоранию углей, вспышкам и взрывам метана, пожарам, особенно свойственным конвейерным лентам по транспортировке угля [2, 3, 4]. На горно-металлургических предприятиях запыленность на рабочих местах приводит к заболеваниям легочной этиологии у рабочих [5, 6, 7], в окружающей среде выделяющийся в атмосферу метан создает парниковый эффект, а значительные пылевыведения загрязняют земельные и водные объекты [8, 9]. Неблагоприятная экологическая ситуация в местах разработки полезных ископаемых, особенно с использованием массовых взрывов, а также в населенных пунктах, расположенных на пути транспортировки и погрузки-разгрузки полезных ископаемых, приводит к стабильно высокому уровню заболеваний дыхательных путей у населения [5].

Согласно анализу современных исследований, объекты металлургического производства (где происходят погрузочно-разгрузочные работы и транспортировка угля) являются источниками пыли на всех этапах единой технологической цепочки, от разгрузки угля до подачи его в печь, оказывая значительное негативное воздействие на окружающую среду и здоровье работников.

Целью данной статьи являются обзор способов пылеподавления при вспомогательных работах по разгрузке угля на складах и определение концентрации смачивателя для пылеподавления тонкодисперсных фракций пыли.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными источниками негативного воздействия на воздух рабочей зоны горно-металлургических предприятий и на атмосферу окружающей среды в целом являются процессы добычи угля, его транспортировки и погрузочно-разгрузочные работы, обуславливающие возникновение геоэкологических и аэрологических рисков, приводящих к взрывам газа и пыли, пожарам, смогам, парниковым эффектам и др. [10]. К негативным факторам относятся:

- образование и выделение угольной пыли. Пылевыведение и пылеобразование происходят на всех этапах технологического процесса погрузочно-разгрузочных работ;
- выделение метана;
- выбросы от работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и котельных установок (NO, NO₂, SO₂, сажа и т.д.).

Для пылеподавления на предприятиях металлургической отрасли, где используется уголь, можно рассмотреть использование поверхностно-активных веществ (ПАВ). ПАВ представляют собой химические вещества, которые могут использоваться для снижения образования пыли путем уменьшения поверхностного натяжения жидкости или других веществ, с которыми они взаимодействуют [11, 12].

ПАВ могут быть использованы при погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке угля на металлургических предприятиях в процессах пылеподавления для создания пленок или препятствий, которые помогают удерживать пылевые частицы на поверхности и предотвращать их рассеивание в атмосферу рабочей зоны и окружающей среды [13, 14]. Это может способствовать улучшению условий труда и снижению выбросов пыли в окружающую среду. Конкретный выбор и применение определенных ПАВ для пылеподавления и пылеосаждения на металлургических предприятиях требуют индивидуального подхода в том числе в вопросах применения эффективных способов вентиляции [15].

Для экспериментальных исследований смачиваемости пыли бурых углей были отобраны пробы отложившейся пыли в местах разгрузки бурого угля под навесом склада. Масса отобранной пыли составила 253,42 г. Рассев отобранной пыли производился на виброустановке. В соответствии с размером ячеек сит рассеиваемая пыль распределялась по диапазонам, мм: +1,0; 0,8-1,0; 0,5-0,8; 0,25-0,5; 0,1-0,25; 0,071-0,1; 0,04-0,071; -0,04. В верхнем сите осталась пыль размером больше 1 мм. Количество пыли по фракционному составу представлено в *таблице*.

По результатам *таблицы* построен график (*рис. 1*), из которого следует, что наибольшее количество пыли представлено размером от 0,04 до 0,071 мм (всего 70,7 г), затем следует пыль, размером менее 0,04 мм (всего 42,27 г), и затем пыль, размером от 0,2 до 0,25 мм (всего 26,88 г.)

Массовые и относительные значения фракционного состава пыли

The weight and relative values of dust particle size distribution

Размер сита, мм	Масса, г	Относительные значения, %
+1,0	54,72	21,41
0,8-1,0	6,21	2,43
0,5-0,8	11,94	4,67
0,25-0,5	15,43	6,04
0,1-0,25	26,88	10,52
0,071-0,1	25,27	9,89
0,04-0,071	70,7	27,66
-0,04	42,27	16,54
Всего:	253,42	99,992

В качестве смачивателя использовался смачиватель СП-01 (ТУ 2481-002-95498669-2008). С помощью шприца 1 и 5 см³ были сделаны концентрации смачивателя СП-01. Были выбраны следующие концентрации, %: 0; 0,05; 0,3; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 (рис. 2). Всего было подготовлено 27 стаканов с растворами смачивателя и разложено возле каждой концентрации по 1 г угля трех отобранных фракций пыли: размером менее 0,04 мм; размером от 0,04 до 0,071 мм; размером от 0,2 до 0,25 мм (см. рис. 2).

Приготовленная пыль высыпалась в стаканы с раствором смачивателя и засекалось время, за которое пыль оседала на дно стакана. В чистой воде пыль не оседает. Графики зависимости времени оседания различных фракций пыли от раствора смачивателя представлены на рис. 3.

Из анализа данных (см. рис. 3) следует, что резкое уменьшение времени смачивания пыли происходит при концентрации раствора смачивателя 0,3%. При этом это явление характерно для всех исследуемых размеров частиц пыли. Этот результат является основанием того, что для эффективного пылеподавления при орошении пылевоздушных потоков может быть рекомендована концентрация 0,3%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, основные способы борьбы с пылью при погрузочно-транспортных работах на горно-металлургических предприятиях включают: орошение, укрытие, пылеотсос и пылеулавливание. Эффективность орошения повышается добавлением в воду смачивателей. Резкое уменьшение времени смачивания тонкодисперсных фракций пыли бурых углей происходит при концентрации раствора смачивателя СП-01 0,3%. При этом это явление характерно для всех исследуемых диапазонов размеров частиц пыли. Этот результат является основанием того, что для эффективного пылеподавления при орошении пылевоздушных потоков может быть рекомендована концентрация смачивателя СП-01, равная 0,3%.

Список литературы • References

1. К вопросу оценки экологического состояния окружающей среды для достижения устойчивого развития угледобывающих регионов России / О.М. Зиновьева, Л.А. Колесникова, А.М. Меркулова и др. // Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т. 15, № 1. С. 35-43. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-35-43.
Zinovieva O.M., Kolesnikova L.A., Merkulova A.M., Smirnova N.A. On the issue of assessing the ecological condition of the environment to achieve sustainable development of coal-mining regions of Russia. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2023;15(1):35-43. (In Russ.). DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-35-43.
2. Федоткин И.О., Федоткин Д.В. Проблемы пожаров в угольных шахтах и обзор современных подходов к их моделированию // Уголь. 2024. № 2. С. 69-73. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-2-69-73.
Fedotkin I.O., Fedotkin D.V. The problems of fires in coal mines and a review of modern approaches to their modelling. *Ugol*. 2024;(2):69-73. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-2-69-73.
3. Баловцев С.В. Оценка схем вентиляции с учетом горно-геологических и горнотехнологических условий отработки угольных пластов // Горный информационно-аналитический

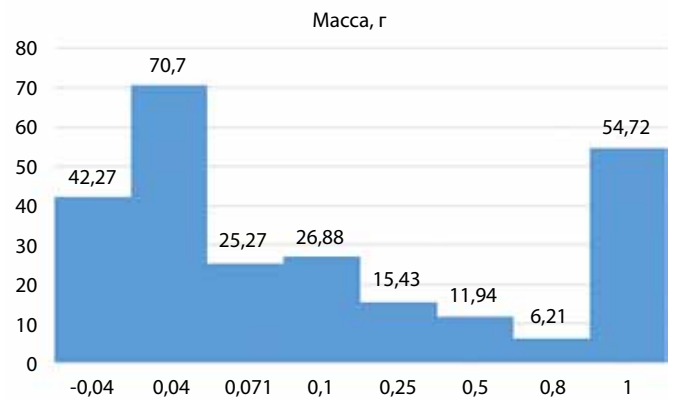


Рис. 1. Распределение массы пыли по размерам фракций
Fig. 1. Distribution of the dust weight by particle sizes



Рис. 2. Растворы смачивателя и пробы пыли
Fig. 2. Wetting agent solutions and dust samples

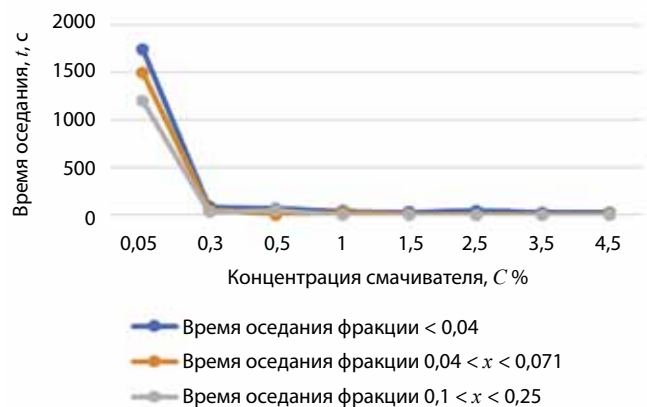


Рис. 3. Время оседания пыли в зависимости от концентрации раствора смачивателя и размера частиц пыли
Fig. 3. Dust settling time as a function of the wetting agent solution concentration and the dust particle size

- бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 6. С. 173-183. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-173-183.
- Balovtsev S.V. Assessment of ventilation circuits with regard to geological and geotechnical conditions of coal seam mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(6):173-183. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-173-183.
4. Rodionov V., Skripnik I., Kaverzneva T., Zhikharev S., Kriklivyy S., Panov S. Prerequisites for applying the risk-based approach to assessing the explosive and fire hazardous properties of underground mining materials. *E3S Web of Conferences*. 2023;(417):05013. DOI: 10.1051/e3sconf/202341705013.
 5. Оценка прогнозной запыленности в забоях угольных шахт с учетом особенностей смачиваемости угольной пыли / А.В. Корнев, Н.В. Ледяев, Е.И. Кабанов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 6-2. С. 115-134. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-62-0-115. Kornev A.V., Ledyayev N.V., Kabanov E.I., Korneva M.V. Estimation of predictive dust content in the faces of coal mines taking into account the peculiarities of the wettability of coal dust. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(6-2):115-134. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2022-62-0-115.
 6. Rodionov V., Skripnik I., Ksenofontov Yu., Kaverzneva T., Idrisova J., Alibekova I. Determination of kinetic parameters and conditions of the spontaneous combustion of coal during its transportation. *AIP Conference Proceedings*. 2022;(2467):080004. DOI: 10.1063/5.0093906.
 7. Zhao X., Du J., Bharti B., Qiao Y., Li Y., Wu H., Ma Z. Research and Industrial Test of Anti-Freezing and Dust Suppression Agent for Truck Roads in Open-Pit Mines in Inner Mongolia, China. *Processes*. 2023;11(12):3336. DOI: 10.3390/pr11123336.
 8. Zhu Q., Yin L., Huang Q., Wang E., Hou Z. Experimental Study on Migration and Intrusion Characteristics of Pulverized Coal in Propped Fractures. *Processes*. 2023;11(7):2074. DOI: 10.3390/pr11072074.
 9. Yan J., Wang Z., Lu X., Wu Y., Luo H., Liu X. Physical and Chemical Characteristics of Explosive Dust at Large Open-Pit Coal Mines in Inner Mongolia, China and Dust Control Research. *Atmosphere*. 2023;14(11):1678. DOI: 10.3390/atmos14111678.
 10. Баловцев С.В., Скопинцева О.В. Критерии опасности и уязвимости в структуре рангов аэрологических рисков угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 10. С. 153-165. DOI: 10.25018/0236-1493-2022-10-0-153. Balovtsev S.V., Skopintseva O.V. Hazard and vulnerability criteria in the rank structure of aerological risks in coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(10):153-165. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2022-10-0-153.
 11. Рыбичев А.А., Пернебек Б.П. Оценка эффективности пылеподавления с использованием смачивающих растворов // Уголь. 2023. № 12. С. 60-63. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-60-63. Rybichev A.A., Pernebek B.P. Evaluation of the efficiency of dust suppression with the use of wet solutions. *Ugol'*. 2023;(12):60-63. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-60-63.
 12. Павленко М.В., Скопинцева О.В. О роли капиллярных сил при вибровоздействии на гидравлически обработанный газонасыщенный угольный массив // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 3. С. 43-50. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-43-50. Pavlenko M.V., Skopintseva O.V. Role of capillary forces in vibratory action on hydraulically treated gas-saturated coal. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(3):43-50. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-43-50.
 13. Обоснование рациональных параметров обеспыливающей обработки угольного массива в шахтах / О.В. Скопинцева, А.С. Вертинский, С.В. Иляхин и др. // Горный журнал. 2014. № 5. С. 17-20. Skopintseva O.V., Vertinskiy A.S., Ilyakhin S.V., Savelev D.I., Prokopovich A.Yu. Substantiation of efficient parameters of dust-controlling processing of coal mass in mines. *Gornyi Zhurnal*. 2014;(5):17-20. (In Russ.).
 14. Zhang J., Han Z., Chen T., Yao N., Yang X., Chen C., Cai J. A Numerical Simulation of the Coal Dust Migration Law in Directional Air Drilling in a Broken Soft Coal Seam. *Processes*. 2024;12(2):309. DOI: 10.3390/pr12020309.
 15. Оценка влияния пульсирующей вентиляции на пылеосаждение орошением в горнодобывающем и перерабатывающем производстве / А.Э. Филин, И.Ю. Курносов, С.В. Тертычная и др. // Уголь. 2023. № 11. С. 120-124. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-120-124. Filin A.E., Kurnosov I.Yu., Tertychnaya S.V., Kolesnikova L.A. Assessment of the effect of pulsed ventilation on irrigation dust deposition in mining and processing production. *Ugol'*. 2023;(11):120-124. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-120-124.

Authors Information

Pernebek B.P. – Postgraduate student, National Research University of Science and Technology (MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: pbektur@mail.ru

Rassolova M.A. – Postgraduate student, National Research University of Science and Technology (MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: rassolova.ma@misis.ru

Seryanina A.V. – Postgraduate student, National Research University of Science and Technology (MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: seryanina.av@edu.misis.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 22.03.2024

Поступила после рецензирования: 16.04.2024

Принята к публикации: 26.04.2024

Paper info

Received March 22, 2024

Reviewed April 16, 2024

Accepted April 26, 2024