

# КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ РУДНИЧНОЙ АТМОСФЕРЫ ТУПИКОВЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

С. С. Кобылкин<sup>1</sup>, А. Н. Тимченко<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Горный институт НИТУ «МИСиС», Москва, Россия;

<sup>2</sup> АО «Сибирская Угольная Энергетическая Компания»

**Аннотация:** Развитие угольной отрасли тесно связано с увеличением производительности горной техники. Для повышения скорости проходки горных выработок на угольных шахтах России применяют современные проходческие комбайны. При их использовании увеличивается поступление пыли в рудничную атмосферу тупиковых горных выработок. Это существенно повышает риск возникновения аварий, связанных с взрывами угольной пыли. Также растет количество случаев профессиональных заболеваний пылевой этиологии. Для снижения опасности на угольных шахтах применяют целый комплекс различных мероприятий, описываемых в данной статье и направленных на снижение запыленности. При этом единого подхода к выбору того или иного мероприятия в настоящее время не существует. В статье предложена классификация мероприятий аспирационных (пылеотсасывающих) систем обеспыливания рудничной атмосферы горных выработок при их проходке. В работе приведены результаты анализа применяемых противопылевых систем. Классификация позволяет систематизировать имеющиеся данные в области обеспыливания рудничной атмосферы горных выработок при их проходке. В основу классификации положен подход, аналогичный для схем выемочных участков угольных шахт. В развитии данной классификации проведены исследования пылеотсасывающих систем, встраиваемых в проходческие комбайны. В статье описаны все возможные схемы по предлагаемой классификации.

**Ключевые слова:** тупиковая горная выработка, пыль, безопасность, вентиляция, скруббер, орошение, классификация, запыленность.

**Для цитирования:** Кобылкин С. С., Тимченко А. Н. Классификация систем снижения уровня запыленности рудничной атмосферы тупиковых горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 10-1. – С. 112–123. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_101\_0\_112.

## Classification of dust reduction systems in the mining works

S. S. Kobylkin<sup>1</sup>, A. N. Timchenko<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Mining Institute NUST "MISIS", Moscow, Russia;

<sup>2</sup> SUEK, Moscow, Russia

**Abstract:** The development of the coal industry is closely related to the increase in the productivity of mining equipment. To increase the speed of sinking mine workings in the coal mines of Russia, modern tunneling combines are used. When they are used, the flow of dust

into the mine atmosphere of dead-end mine workings increases. This significantly increases the risk of accidents associated with coal dust explosions. The article proposes a classification of measures to reduce the dust content of the mine atmosphere of mine workings during their sinking. The number of cases of occupational diseases of dust etiology is also growing. To reduce the danger in coal mines, a whole range of various measures described in this article and aimed at reducing dust is used. At the same time, there is currently no unified approach to the selection of an event. The paper provides an analysis of the applied anti-dust systems, including irrigation, dust deposition and dust extraction. The classification makes it possible to systematize the available data in the field of dedusting the mine atmosphere of mine workings during their sinking. The classification is based on an approach similar to that of coal mine exchartation schemes. In the development of this classification, studies of dust suction systems built into tunneling combines were carried out. The article presents all possible schemes for the proposed classification.

**Key words:** mining work, dust, safety, ventilation, scrubber, irrigation, classification, dustiness.

**For citation:** Kobylkin S. S., Timchenko A. N. Classification of dust reduction systems in the mining works. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(10-1):112–123. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_101\_0\_112.

---

Анализ применяемых мероприятий по обеспыливанию рудничной атмосферы тупиковых горных выработок

В настоящее время на угольных шахтах России и в других ведущих угледобывающих странах широко используют комплекс мероприятий по снижению уровня запыленности и пылеотложения. При этом остаётся большое количество вопросов, связанных с пылевой динамикой и эффективностью применения различных мероприятий. Значения технически достижимого уровня (ТДУ) и максимальной разовой концентрации (МРК) на угольных шахтах, применяющих комплекс мероприятий по снижению уровня запыленности рудничной атмосферы тупиковых горных выработок, существенно выше (табл. 1) санитарно-гигиенических норм (например, концентрация угольной пыли, не содержащая свободной  $\text{SiO}_2$ , не должна превышать  $10 \text{ мг/м}^3$ ).

На рис. 1 представлены сразу все основные существующие мероприятия, направленные на снижение уровня запыленности.

Сегодня применяют тканевые фильтры (иногда смачиваемые водой),

орошение (разных видов), пылеотсос и туманообразующие завесы.

Для исследований распределения рудничной пыли используются передовые способы численного моделирования [1–2], позволяющие научно обосновать принимаемые решения.

Распространённый способ снижения запыленности — это орошение с использованием форсунок на баре и систем, размещённых в непосредственной близости от места разрушения горного массива.

Также используют распределенные по горным выработкам системы орошения мелкодисперсной водой (водяные завесы). Для реализации данного способа пылеподавления применяют пожарно-оросительный трубопровод, от которого поперек горной выработки под кровлей размещают другой, с меньшим диаметром, трубопровод с форсунками. Это мероприятие одно из немногих, которое имеет нормативные требования в части давления воды в трубопроводе [3].

Следующий способ заключается в использовании скрубберов на современных шахтах. Пылеотсасывающие

Таблица 1

**Фактические значения запыленности рудничной атмосферы проходческого забоя**  
**Actual values of dust of the mine atmosphere**

№ п/п	Шахта	Уровни запыленности рудничной атмосферы проходческого забоя, мг/м <sup>3</sup>	
		ТДУ	МРК
1.	Им. С. М. Кирова	110÷240	61÷131
2.	Им. А. Д. Рубана	43÷210	40÷168
3.	Им. 7 Ноября	185	141
4.	Полысаевская	99÷214	58÷140
5.	Комсомольская	126÷238	71÷191
6.	Им. В. Д. Ялевского	155÷200	86÷131
7.	Талдинская Западная-1	168÷231	46÷106
8.	Талдинская Западная-2	211	43

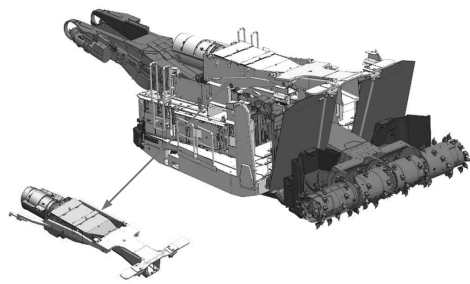


Рис. 1. Схема размещения комплекса мероприятий по снижению уровня запыленности рудничной атмосферы

Fig. 1. Scheme of placement of a set of measures to reduce the level of dust in the mine atmosphere

установки располагают на проходческих комбайнах или над местами перегрузки горной массы. Данные системы встраивают в общую систему с проходческим вентилятором или располагают отдельно с вспомогательным

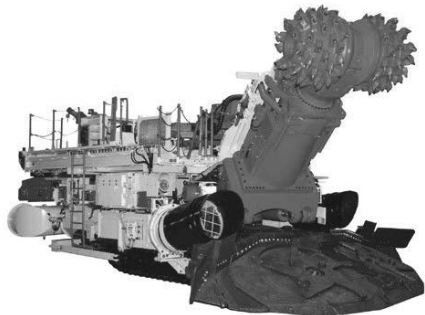
вентилятором. Анализ применяемых встраиваемых пылеотсасывающих систем показал, что сегодня существует большое количество систем, отличающихся местом всасывания запыленной рудничной атмосферы (рис. 2), спосо-



*a*



*б*



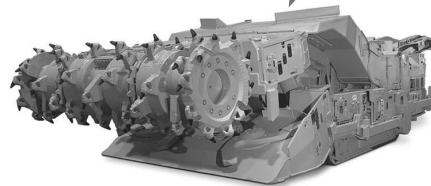
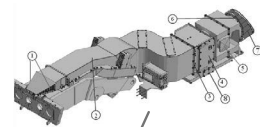
*в*



*z*



*д*



*e*

*Рис. 2. Фотографии проходческих комбайнов с различными встроенными системами пылеотсоса: а – Sandvik MB670-1LH – центральное месторасположение всасывающего патрубка; б – Sandvik MB670-1 – боковое одностороннее месторасположение всасывающего патрубка; в – Sandvik MR-341 – нижнее месторасположение всасывающих патрубков с возможностью направления их в разные стороны; z – Salz Werke AG – фронтальное месторасположение всасывающего патрубка на всё сечение над комбайном; д – Joy 12HM31 – боковое одностороннее месторасположение всасывающего патрубка; e – Joy 12CM15 – центральное месторасположение всасывающего патрубка*

*Fig. 2. Photos of roadheaders with various dust scrubber: a – Sandvik MB670-1LH – the central location of the suction pipe; b – Sandvik MB670-1 – the side one-way location of the suction pipe; c – Sandvik MR-341 – the lower location of the suction pipes with the possibility of directing them in different directions; d – Salz Werke AG – frontal location of the suction pipe for the entire section above the combine; e – Joy 12HM31 – the side one-way location of the suction pipe; f – Joy 12CM15 – the central location of the suction pipe*

бом очистки воздуха от пыли и местом выдачи очищенной от пыли струи воздуха.

Следует отметить, что для применяемых в России пылеотсасывающих установок нет методических рекомендаций по режимам их работы с учетом проветривания горной выработки.

Также встречаются способы пылеподавления, осуществляемые путем создания тумана в призабойной части горной выработки. Для этого используется вода, пожарно-оросительный трубопровод и сжатый воздух. Распыление происходит через форсунки при помощи эжектора.

Помимо этого, применяют стационарные установки, которые работают как самостоятельные элементы вентиляционной сети со своим вентилятором и воздуховодом. Примером такой системы является комплекс Wet Scrubbers CFT (рис. 3). Данную установку располагают, например, над перегружателем.

Уровень запыленности наиболее часто снижают при помощи вентиляции. В нее входит способ, схема и режимы проветривания, параметры работы вентиляционных устройств и горного оборудования.

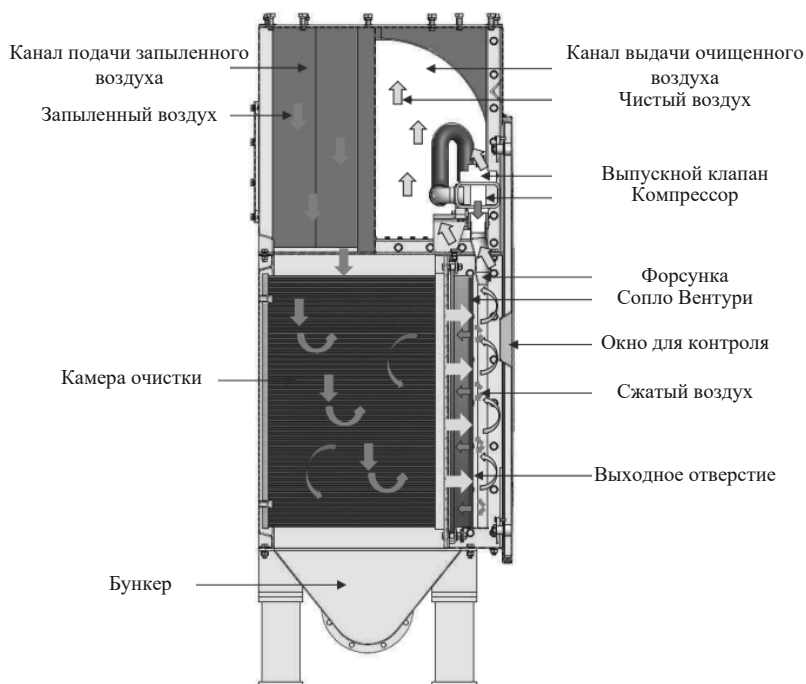
Разработка классификации технических аспирационных (пылеотсасывающих) устройств и систем

Для систематизации проводимых исследований с целью повышения эффективности применяемых мероприятий, направленных на снижение уровня запыленности рудничной атмосферы горных выработок, предлагается использовать классификацию технических аспирационных (пылеотсасывающих) устройств и систем (табл. 2). Данная классификация разработана на основе проведенного анализа целого ряда работ [1–2, 4–8] и рекомендуется к широкому примене-

нию и внедрению в методические документы по проектированию вентиляции. В основе классификационных признаков лежат базовые принципы работы установок пылеотсоса, место их расположения и роль в системе шахтной вентиляционной сети.

Первый классификационный признак «ТИП» подразделяет все существующие решения по пылеотсосу на стационарные (условное обозначение в шифре классификации — 1) и нестационарные (условное обозначение в шифре классификации — 2) установки. Стационарные системы пылеотсоса располагаются в горных выработках, примыкающих к тупиковой горной выработке. При этом они не перемещаются на протяжении всей проходки. Нестационарные, то есть перемещаемые в процессе ведения горных работ, могут встраиваться в проходческие комбайны или быть отдельными устройствами, располагаемыми в призабойной части горной выработки и перемещаемыми в процессе продвижения забоя.

Второй классификационный признак «КЛАСС» подразделяет все существующие решения по пылеотсосу на встраиваемые в систему вентиляции (условное обозначение в шифре классификации — Вв), встраиваемые в проходческий комбайн (условное обозначение в шифре классификации — Вк) и самостоятельные установки (условное обозначение в шифре классификации — С). Встраиваемые в систему вентиляции тупиковой горной выработки устройства пылеудаления, используются при всасывающем способе проветривания, например, на угольной шахте «Хакасская», [4]. Однако, данные системы требуют дополнительных мероприятий контроля взрывобезопасности пылегазовоздушной смеси, движущейся в воз-



*Рис. 3. Система сухого обеспыливания компании CFT (фотография и принципиальная схема работы)*

*Fig. 3. CFT dry dedusting system (photo and schematic diagram of work)*

духоводе. Также при данной системе требуется учитывать высокую абразивность движущейся смеси.

Наибольшее распространение получили системы, встраиваемые в проходческие комбайны, часть из них представлена в рис. 1. Эти системы имеют ряд преимуществ, в первую очередь связанных с высокой мобильностью, отсутствием дополнительных опера-

ций, связанных с перемонтажом установок, забором запыленной атмосферы непосредственно в месте образования пыли. К недостаткам можно отнести повышенный уровень звука. Также необходимо отметить необходимость ежесменного контроля и очистки фильтров.

Третий классификационный признак «ВИД» подразделяет все пыле-

отсосы по принципу осаждения пыли внутри устройства: фильтры мокрые, или скрубберы, (условное обозначение в шифре классификации — фм), фильтры сухие (условное обозначение в шифре классификации — фс) и электрофильтры (условное обозначение в шифре классификации — эф).

Все возможные варианты схем пылеотсоса по предлагаемой классификации представлены на рис. 4. Здесь, например, первая схема 1-Вв-фм — стационарный с мокрым фильтром пылеотсос, установленный перед вентилятором местного проветривания, работающего по всасывающему способу проветривания. Схема 2-Вк-фм — нестационарный с мокрым фильтром пылеотсос, установленный на проходческом комбайне. Схема 1-С-фс показывает отдельную

стационарную систему пылеотсоса с сухим фильтром и отдельным трубопроводом, проложенным по горной выработке. Схема 2-С-фм — также отдельная система пылеотсоса, только передвигаемая в проходческом забое за комбайном. Наибольшее распространение в России получили схемы 2-Вк-фм, этим схемам посвящено исследование [9] по определению оптимальных параметров работы обеспечивающих безопасность горных работ.

### Заключение

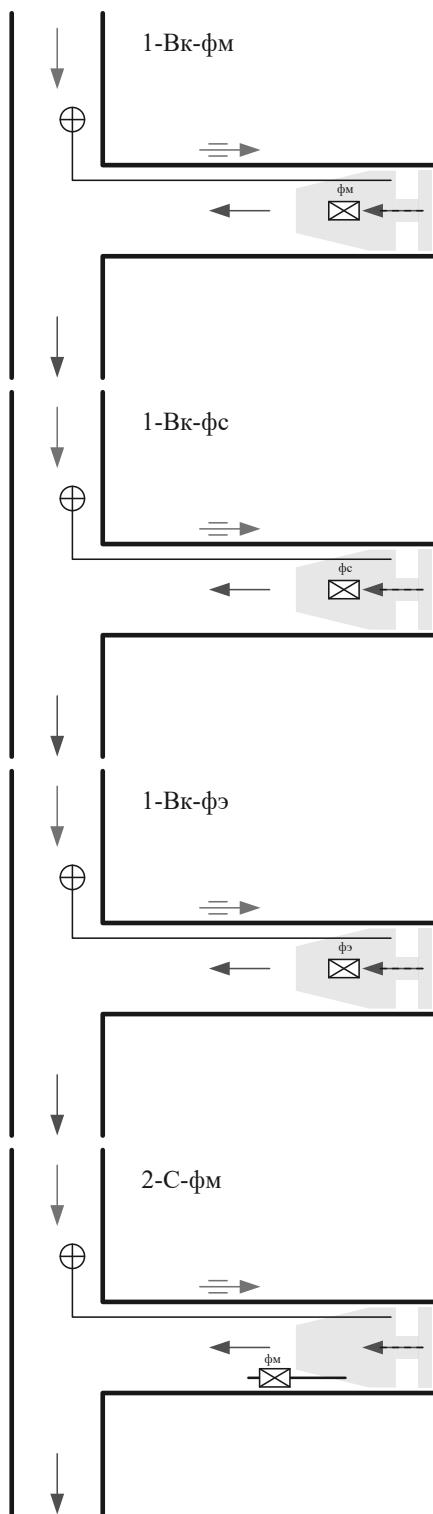
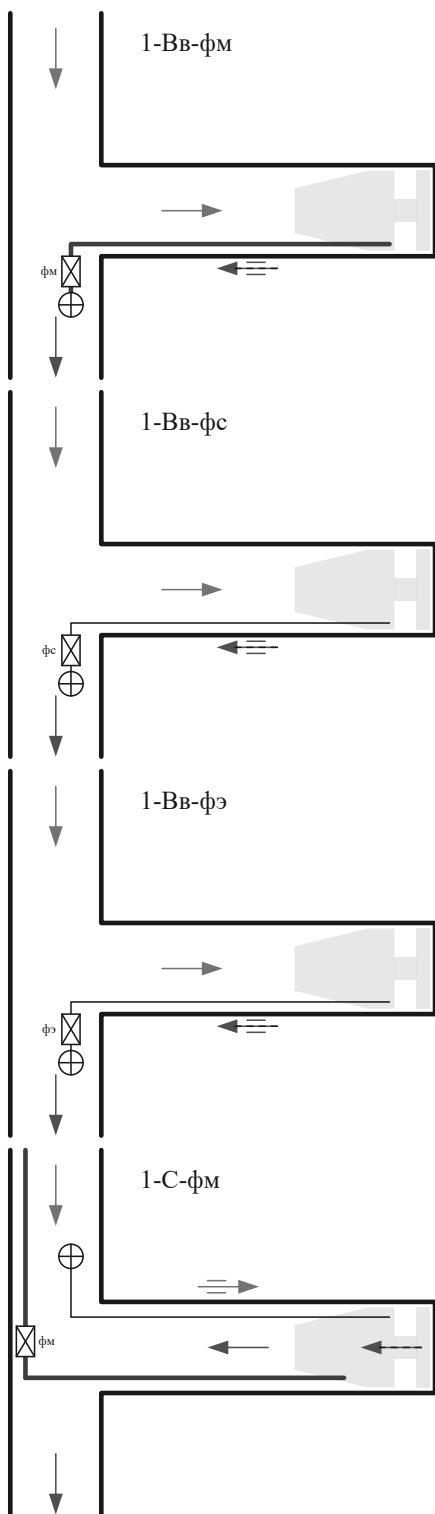
Разработанная классификация и представленные особенности применения пылеотсасывающих устройств позволяют научно обоснованно выбрать систему обеспечения аэрологической безопасности по пылевому

Таблица 2

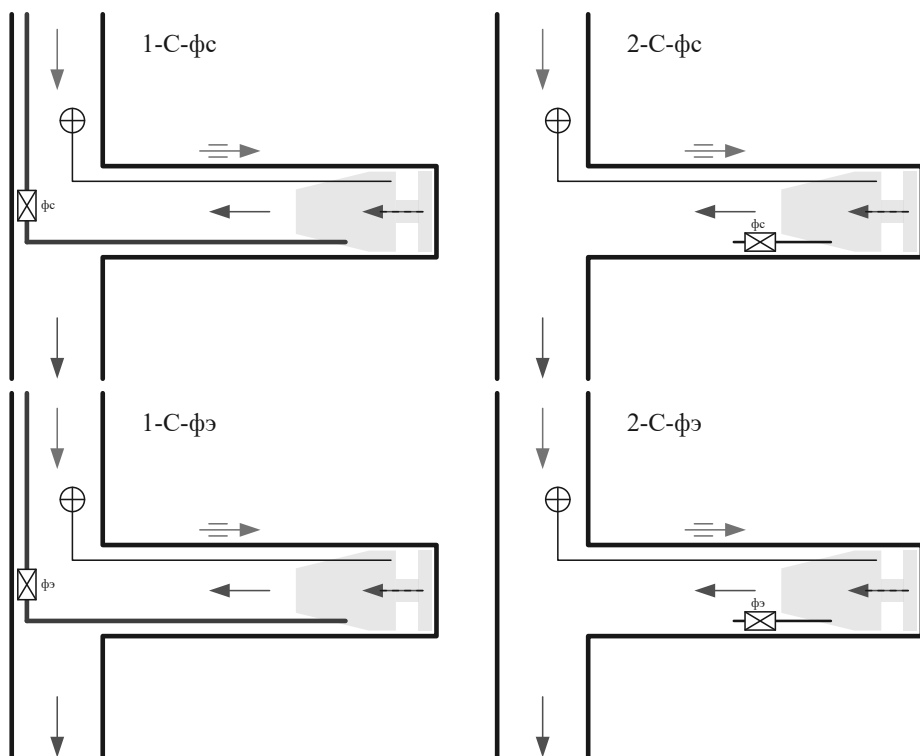
**Классификация аспирационных (пылеотсасывающих) систем обеспыливания рудничной атмосферы горных выработок при их проходке**

*Classification of dust extraction devices for reducing the level of dust content in the mine workings*

Классификация	Классификационный признак	Возможные варианты	Условные обозначения	Область применения			
				1	2	3	4
Тип	Расположение скруббера с учетом перемещения во времени	Стационарные	1				
		Нестационарные	2				
Класс	Место в системе проветривания проходческого забоя	Встраиваемые в систему вентиляции	Вв				
		Встраиваемые в проходческий комбайн	Вк				
		Самостоятельные	С				
Вид	Принцип действия	Фильтры мокрые	фм				
		Фильтры сухие	фс				
		Электрофильтры	эф				
	— применяется часто при проходке горных выработок						
	— применение возможно при проходке горных выработок / встречается в горном деле						
	— в настоящее время не применяется при проходке горных выработок						
1	— ширина горной выработки более 3 м и высота более 3 м						
2	— высокая обводненность горной выработки						
3	— высокая газообильность горной выработки						
4	— влияние на систему проветривания тупиковой горной выработки						







Условные обозначения:


- |   |                                     |   |                        |
|---|-------------------------------------|---|------------------------|
| ⊕ | - вентилятор местного проветривания |  | - проходческий комбайн |
| ⊠ | - пылеотсасывающая установка        | —   | - жесткий воздуховод   |
| ← | - исходящая струя воздуха           | - - -   | - гибкий воздуховод    |
| → | - свежая струя воздуха              |   |                        |

Рис. 4. Схемы по предложенной классификации технических аспирационных (пылеотсасывающих) устройств и систем  
 Fig. 4. Schemes according to the proposed classification

фактору с учётом имеющихся технологических решений.

Для развития данной классификации будет использован системный подход [10], в основе которого лежит компьютерное моделирование, получившее в настоящее время широкое применение в рудничной аэрологии [11 – 12].

В настоящее время подход выбора противопылевых мероприятий связан с фактической запылённостью. В проекты комплексного обеспыливания включаются мероприятия по принципу существующих возможностей на пред-

приятии. Как правило, проводят более дешёвые мероприятия. К ним относятся водяные и лабиринтно-тканевые завесы. Оценка эффективности пылеудаления при использовании различных систем обеспыливания является задачей дальнейших исследований.

В разработанной классификации аспирационных систем обеспыливания рудничной атмосферы тупиковых горных выработок на данный момент не учитывается их эффективность в плане обеспыливания воздуха. Это связано с тем, что заявленная паспорт-

ными данными характеристика (например, у скруббера HCN300/1 НУ эффективность равна 90%) относится только к очистке воздуха от пыли, попавшей в систему пылеотсоса. Величина снижения запыленности рудничной атмосферы зависит от режима работы аспирационной системы, места всасывания запыленной атмосферы, места установки воздуховода, режима проветривания тупиковой горной выработки, скорости вращения шнеков, свойств пород, вещественного и дисперсного состава витающей пыли и так далее. Некоторые системы пылеудаления при вводе их в эксплуатацию в составе проходческого комплекса сложно настроить на эффективную работу из-за отсутствия возможности контроля основных параметров — производительности вентилятора, сопротивления фильтрующих элементов, расхода и давления воды.

Исследования, проведенные на угольных шахтах, применяющих схему

2-Вк-фм, показали, что существующие пылеотсасывающие системы не имеют нормативного и методического обеспечения, позволяющего эффективно применять такого рода системы. Их применение может быть небезопасно, так как в ряде случаев могут возникать локальные места с низкими скоростями движения воздуха и зоны рециркуляции. Также при работе скрубберов режим работы встроенного в них вентилятора изменяется из-за увеличения аэродинамического сопротивления при накоплении пыли и капель воды в фильтрах.

Отсутствие обученных специалистов предприятий, эксплуатирующих системы пылеудаления HCN300/1 НУ, приводит к неэффективной работе скрубберов, как следствие — к выходу из строя дорогостоящего оборудования. К этим же последствием приводит отсутствие регламента проведения технического обслуживания и ремонтов систем пылеудаления.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кобылкин А. С.* Исследования пылераспределения в очистном забое у комбайна // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 6—1. С. 65—73.
2. *Кобылкин А. С.* Исследование распространения и осаждения частиц пыли в горных выработках, с учётом расположенного в ней оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № S32. С. 61—66.
3. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по аэрологической безопасности угольных шахт». Приказ Ростехнадзора от 8 декабря 2020 г. № 506. «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности» (Зарегистрировано в Минюсте России 29 декабря 2020 г. № 61918) Консультант плюс [http://www.consultant.ru/document/ cons\\_doc\\_LAW\\_372974](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372974)
4. *Романченко С. Б., Тимченко А. Н., Костеренко В. Н., Поздняков Г. А., Руденко Ю. Ф., Артемьев В. Б., Копылов К. Н.* Комплексное обеспыливание. Серия «Библиотека горного инженера». Т6 «Промышленная безопасность». Кн. 8. М.: изд. «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2012. — С. 288
5. *Prostański D.* Use of air-and-water spraying systems for improving dust control in mines. *Journal of Sustainable Mining / Vol. 12, (2013), № 2, pp. 29—34*
6. *Patts J. R., Colinet J. F., Janisko S. J., Barone T. L., Patts L. D.* Reducing float coal dust: Field evaluation of an inline auxiliary fan scrubber. *Mining Engineering*, 2016,

Vol. 68, No. 12, pp. 63–68. Official publication of the Society for Mining, Metallurgy & Exploration Inc.

7. Water sprays for dust control on (56) References Cited. Mining machines. United States Patent/ Patent No.: US 8,632,133 B2 Date of Patent: Jan. 21, 2014

8. Arya S., Novak T., Saito K., Levy A., Sottile J. Empirical Formulae for Determining Pressure Drop Across a 20-Layer Flooded-Bed Scrubber Screen / Mining, Metallurgy & Exploration. Volume 36, 2019. — pp. 1169–1177

9. Тимченко А. Н. Обоснование эффективных средств и параметров аспирационного обеспыливания высокопроизводительных проходческих забоев угольных шахт. Диссертация на соискание уч. степени канд. техн. Наук. НИТУ МИСиС. — 2021. — 150 с.

10. Puchkov L. A., Kaledina N. O., Kobylkin S. S. Systemic approach to reducing methane explosion hazard in coal mines // Eurasian Mining. — 2015. — №2. — pp. 3–6.

11. Кобылкин С. С., Тимченко А. Н., Кобылкин А. С. Применение компьютерного моделирования при выборе параметров работы пылеотсоса, встраиваемого в проходческие комбайны // Безопасность труда в промышленности. — 2021. — № 3. — С. 21–27. DOI: 10.24000/0409-2961–2021–3-21–27

12. Качурин Н. М., Воробьев С. А., Левин А. Д., Васильев П. В. Моделирование режимов работы систем вентиляции подготовительных выработок // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2016. № 1. С. 156–166. **MIAB**

## REFERENCES

1. Kobylkin A. S. Dust distribution at a coal shearer in the face area. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020; (6–1):65–73. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-65-73. [In Russ]

2. Kobylkin A. S. Study of the spread and deposition of dust particles in mine workings, taking into account the equipment located in it. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018; (S32): 61–66. [In Russ]

3. *Ob utverzhdenii federal'nyh norm i pravil v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Instrukciya po aerologicheskoy bezopasnosti ugol'nyh shaht»* [On the approval of federal norms and rules in the field of industrial safety “Instructions for aerological safety of coal mines”]. Prikaz Rostekhnadzora ot 8 dekabrya 2020 g. no. 506. «Ob utverzhdenii Federal'nyh norm i pravil v oblasti promyshlennoj bezopasnosti» (Zaregistrirvano v Minyuste Rossii 29 dekabrya 2020 g. no. 61918) Konsul'tant plyus [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_173968/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_173968/) [In Russ]

4. Romanchenko S. B., Timchenko A. N., Kosterenko V. N., Pozdnyakov G. A., Rudenko YU. F., Artemev V. B., Kopylov K. N. *Kompleksnoe obespylivanie. Seriya «Biblioteka gornogo inzhenera»* [Complex dedusting. The series “Library of a mining engineer”]. T6 «Promyshlennaya bezopasnost». Kn. 8. Moscow: Gornoe delo OOO «Kimmerijskij centr», 2012. p. 288 [In Russ]

5. Prostański D. Use of air-and-water spraying systems for improving dust control in mines. *Journal of Sustainable Mining / Vol. 12, (2013), no. 2, pp. 29–34.*

6. Patts J. R., Colinet J. F., Janisko S. J., Barone T. L., Patts L. D. Reducing float coal dust: Field evaluation of an inline auxiliary fan scrubber. *Mining Engineering*, 2016, Vol. 68, no. 12, pp. 63–68. Official publication of the Society for Mining, Metallurgy & Exploration Inc. <https://doi.org/10.19150/me.6883>.

7. Water sprays for dust control on (56) References Cited. Mining machines. United States Patent/ Patent no.: US 8,632,133 B2 Date of Patent: Jan. 21, 2014.

8. Arya S., Novak T., Saito K., Levy A., Sottile J. Empirical Formulae for Determining Pressure Drop Across a 20-Layer Flooded-Bed Scrubber Screen / Mining, Metallurgy & Exploration. Volume 36, 2019. pp. 1169–1177.

9. Timchenko A. N. *Obosnovanie effektivnykh sredstv i parametrov aspiracionnogo obe-spylivaniya vysokoproizvoditel'nykh prohodcheskikh zaboev ugol'nykh shaht* [Substantiation of effective means and parameters of aspiration dedusting of high-performance tunneling faces of coal mines]. Dissertatsiya na soiskanie uch. stepeni kand. tekhn. Nauk. NITU MISiS. 2021. 150 p. [In Russ]

10. Puchkov L. A., Kaledina N. O., Kobylkin S. S. Systemic approach to reducing methane explosion hazard in coal mines. *Eurasian Mining*. 2015. no.2. pp. 3–6.

11. Kobylkin S. S., Timchenko A. N., Kobylkin A. S. Use of Computer Simulation in the Selection of Operating Parameters for the Dust Extractor Built into the Roadheader. *Bezopasnost Truda v Promyshlennosti*, 2021, no. 3, pp. 21–27. DOI: 10.24000/0409–2961–2021–3-21–27. [In Russ]

12. Kachurin N. M., Vorob'ev S. A., Levin A. D., Vasil'ev P. V. Modeling of operating modes of ventilation systems of preparatory workings. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2016. no. 1. pp. 156–166. [In Russ]

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Кобылкин Сергей Сергеевич*<sup>1</sup> – докт. техн. наук, профессор кафедры «Безопасность и экология горного производства», [kobylkin.s@misis.ru](mailto:kobylkin.s@misis.ru);

*Тимченко Александр Николаевич*<sup>1,2</sup> – соискатель;

Горный институт НИТУ «МИСиС», Москва, Россия;

АО «Сибирская Угольная Энергетическая Компания», Москва, Россия.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Kobylkin S. S.*<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), professor, [kobylkin.s@misis.ru](mailto:kobylkin.s@misis.ru);

*Timchenko A. N.*<sup>1,2</sup>, Candidate;

<sup>1</sup> Mining Institute NUST “MISiS”, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> SUEK, Moscow, Russia.

Получена редакцией 05.07.2021; получена после рецензии 18.08.2021; принята к печати 10.09.2021.

Received by the editors 05.07.2021; received after the review 18.08.2021; accepted for printing 10.09.2021.

