ОХРАНА ТРУДА

УДК 622.4 DOI: 10.21440/0536-1028-2025-3-96-104

Рекомендации по проветриванию тупиковых подземных выработок

Белоусов С. С.[1], Кузнецов А. М.[2]*
[1] Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, Россия
[2] Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия
e-mail: andrey-mixal@mail.ru

Реферат

Введение. *На сегодняшний день в шахтах и рудниках имеется значительное число потребителей воздуха. Подача свежего воздуха в тупиковые выработки в пределах рабочих зон осуществляется нагнетательным способом с использованием вентиляторов местного проветривания, свежий воздух подается в призабойную часть выработки, а загрязненный удаляется по выработке. Одним из критериев оценки проектирования вентиляции является производительность вентиляторной установки. Выбор вентиляторных установок выполняется в соответствии с полученными расчетным путем показателями, производительностью и давлением, которые должны попадать в пределы соответствующих параметров, указанных в документации на вентиляторную установку, – в этом случае применение вентиляторной установки обосновано. Необходимая производительность вентиляторных установок определяется по соответствующим формулам, в зависимости от потребного расхода воздуха.*

Цель исследования *– обеспечение допустимых санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих и снижение уровня их профессиональной заболеваемости.*

Методы исследования. *Для достижения поставленной цели использован комплексный подход, включающий анализ проветривания тупиковых забоев с помощью вентиляторов местного проветривания и натурные экспериментальные измерения концентрации пыли в зоне дыхания горнорабочих.*

Результаты. *Проведенные исследования запыленности воздуха и анализ современного состояния условий труда по пылевому фактору показывают, что запыленность воздуха в зоне дыхания работников превышает гигиенические нормативы, а существующие способы борьбы с пылью не обеспечивают допустимых условий труда горнорабочих по фактору аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД). Предложены рекомендации по оптимизации пылевентиляционного режима в рабочих зонах с высокой концентрацией пыли.*

Выводы. *Для обеспечения допустимых санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих и снижения уровня их профессиональной заболеваемости требуется совершенствовать существующие методы проектирования обеспыливающей вентиляции подземных горных выработок.*

Ключевые слова: *запыленность воздуха; пыль; местное проветривание; схема проветривания; расчет количества воздуха; пылевая нагрузка; аэрозоль; фиброгенное действие; АПДФ.*

Введение. На сегодняшний день в шахтах и рудниках имеется значительное число потребителей воздуха. При этом потребители находятся на значительном удалении друг от друга, а также от условной линии, соединяющей воздухоподающие и вентиляционные стволы, поэтому образуются трудно проветриваемые зоны, подать воздух в которые за счет изменения режима работы главной вентиля-

торной установки не представляется возможным. Проветривание этих зон осуществляется с использованием подземных вспомогательных вентиляторных установок, расположение которых меняется в соответствии с изменением плана горных работ. Подача свежего воздуха в тупиковые выработки в пределах рабочих зон осуществляется нагнетательным способом с использованием вентиляторов местного проветривания. Регулирование распределения воздуха по рабочим зонам и снижение величины внутрирудничных утечек осуществляются с помощью вентиляционных перемычек различной конструкции [1–3].

Критерии оценки проветривания нагнетательным способом. При нем свежий воздух подается в призабойную часть выработки, а загрязненный удаляется по выработке.

Таблица 1. Коэффициент $k_у$ для гибких трубопроводов, учитывающий утечки воздуха в трубопроводе
Table 1. Coefficient $k_у$ for flexible pipelines registering air leaks in the pipeline

Длина трубопровода, м	$k_у$ для гибких трубопроводов	Длина трубопровода, м	$k_у$ для гибких трубопроводов
50	1,04	400	1,25
100	1,07	450	1,28
150	1,11	500	1,31
200	1,14	600	1,37
250	1,16	800	1,49
300	1,19	1000	1,65

Выбор вентиляторных установок выполняется в соответствии с полученными расчетным путем показателями, производительностью и давлением, которые должны попадать в пределы соответствующих параметров, указанных в документации на вентиляторную установку. В этом случае ее применение обосновано.

Необходимая производительность вентиляторных установок определяется по соответствующим формулам, в зависимости от потребного расхода воздуха.

Производительность нагнетательного вентилятора местного проветривания (ВМП) определяется по расходу воздуха в выходном отверстии на конце трубопровода, который должен быть не менее $Q_{заб}$, м^3/мин, при максимальной длине трубопровода. Производительность ВМП, $Q_{ВМП}$, м^3/мин, должна быть не менее рассчитанной по формуле:

$$Q_{ВМП} \geq k_у Q_{заб},$$

где $k_у$ – коэффициент, учитывающий утечки воздуха в трубопроводе, принимается по табл. 1; $Q_{заб}$ – количество воздуха, необходимое для проветривания призабойного пространства, м^3/мин.

Производительность всасывающего ВМП определяется по расходу воздуха в забое, $Q_{ВМП} \geq Q_{заб}$. Требуемое давление вентиляторной установки определяется по необходимой производительности и аэродинамическому сопротивлению вентиляционной сети, на которую работает ВМП.

Аэродинамическое сопротивление на которое работает ВМП, $R_{ВМП}$, Н · с^2/м^8, определяется по формуле:

$$R_{ВМП} = k_{нт} R_л + R_м,$$

где $k_{нт}$ – коэффициент натяжения гибкого трубопровода (для нормально натянутых труб, почти прямолинейных с волнами и небольшими складками – 1;

для слабо натянутых труб с небольшими волнами, но без складок и изломов – 0,6); $R_л$ – линейное аэродинамическое сопротивление трубопровода, Н · с^2/м^8, для гибких трубопроводов принимается по табл. 2; $R_м$ – местное аэродинамическое сопротивление гибкого трубопровода, Н · с^2/м^8, принимается по табл. 3.

Требуемое давление ВМП, даПа (декапаскаль), определяют по формуле:

$$H = R_{ВМП}Q^2,$$

где Q – требуемая производительность вентиляторной установки, м^3/мин.

Таблица 2. Линейное аэродинамическое сопротивление для гибких трубопроводов
Table 2. Linear aerodynamic resistance for flexible pipelines

Диаметр трубопровода, мм	Аэродинамическое сопротивление, Н · с^2/м^8, при длине трубопровода, м										
	50	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000
400	14,0	27,0	37,0	47,0	58,0	69,0	89,0	107,0	125,0	159,0	192,0
500	5,0	10,0	14,0	18,0	22,0	26,0	33,0	37,0	39,0	47,0	55,0
600	2,0	4,0	5,0	7,0	8,0	10,0	12,0	15,0	17,0	21,0	25,0
800	0,5	0,9	1,3	1,7	2,2	2,6	3,5	4,4	5,3	7,1	8,9
1000	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,4	3,0

При применении комбинированных схем проветривания с использованием ВМП основным является нагнетательный, всасывающий выполняет вспомогательную функцию по улучшению удаления пыли непосредственно из призабойного пространства. Рассчитываются параметры только нагнетательного вентилятора. Производительность всасывающего ВМП должна быть ниже производительности нагнетательного. Этого можно добиться следующими способами: применение вентилятора другого типоразмера, с меньшей подачей; применение вентиляционного става для всасывающего ВМП меньшего диаметра или большей длины, чем вентиляционный став для нагнетательного вентилятора.

Важным критерием эффективного проветривания является размещение вентиляторов местного проветривания в выработке, они должны устанавливаться в прямолинейных участках горных выработок, а ось вентилятора – совпадать с осью выработки.

Типовые схемы проветривания тупиковых забоев с помощью ВМП. Наиболее часто применяемой в настоящее время, является схема проветривания тупикового забоя с помощью ВМП нагнетательным способом. При нагнетательном способе проветривания свежий воздух подается в призабойную часть выработки (красные стрелки), а загрязненный воздух удаляется по выработке (синие стрелки, рис. 1, *а*). Вентилятор при таком способе проветривания располагается в выработке, по которой поступает свежая сквозная струя воздуха, на расстоянии не ближе 10 м от устья проходческой выработки.

Другим вариантом является комбинированный способ проветривания, который представляет сочетание нагнетательного и всасывающего способов. При этом используются их основные положительные качества: проветривание призабойной зоны осуществляется активной свободной турбулентной струей от нагнетательного вентилятора, а удаление загрязненного воздуха производится по трубопроводу всасывающим вентилятором.

Наиболее распространенный вариант комбинированного проветривания – с использованием двух вентиляторов, один из которых, всасывающий, установлен на исходящей струе воздуха в основной рабочей выработке, а другой вентилятор, нагнетательный, находится в проветриваемой свежим воздухом выработке (рис. 1, *б*). Такой способ используется в рабочих зонах с высокой запыленностью для удаления пыли на исходящую струю.

Расстояние L_1 от забоя до нагнетательного трубопровода, согласно требованиям федеральных норм промышленной безопасности, должно быть не более 10 м, а расстояние L_2 до всасывающего трубопровода определяется в зависимости от зоны отброса [4–7].

Таблица 3. Местное аэродинамическое сопротивление гибкого трубопровода
Table 3. Local aerodynamic resistance of a flexible pipeline

Диаметр трубопровода, мм	Аэродинамическое сопротивление, Н · с^2/м^8			
	при повороте вентиляционного става на		с вилкообразным тройником	с матерчатым отводом
	45°	90°		
400	12,5	25,0	10,0	20,0
500	5,0	10,0	4,0	7,5
600	2,5	5,0	2,0	3,5

Исследования запыленности воздуха. Проведены исследования запыленности воздуха при использовании нагнетательной и комбинированной схемы проветривания тупикового забоя с помощью ВМП. Замеры концентрации пыли производились в процессе добычи и выгрузки руды в зоне дыхания машинистов горно-выемочных машин (МГВМ). Измерения запыленности воздуха осуществлялись в соответствии с требованиями Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности (*Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых: Федер. служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Приказ от 8 декабря 2020 г. № 505.*), вентилятор местного проветривания был включен, а отставание вентиляционного става составляло не более 10 м от пульта управления комбайном. Также измерялись атмосферное давление, температура, влажность и скорость движения воздуха [8–9].

Результаты экспериментальных исследований запыленности воздуха при использовании нагнетательной и комбинированной схем проветривания представлены в табл. 4.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что при использовании комбинированной схемы проветривания концентрация пыли в воздухе рабочей зоны меньше.

Наибольшая концентрация пыли отмечается на рабочем месте МГВМ, управляющего самоходным вагоном, поскольку пыль от исходящей струи воздуха уходит по рабочей камере, где передвигается самоходный вагон. Наиболее благоприятные условия труда по пылевому фактору у МГВМ, управляющего комбайном, поскольку он находится на свежей струе воздуха.

Организация обеспыливающего проветривания горных выработок при условии обеспечения средней концентрации пыли в проветриваемом объеме не исключает вредное воздействие аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) на горнорабочих [10], (*Государственный доклад «О состоянии*

санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2024. 256 с.; Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Результаты мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации, 2023. С. 26–35. Режим доступа: https://eisot.rosmintrud.ru/attachment/result_22 (дата обращения: 26.02.2024)).

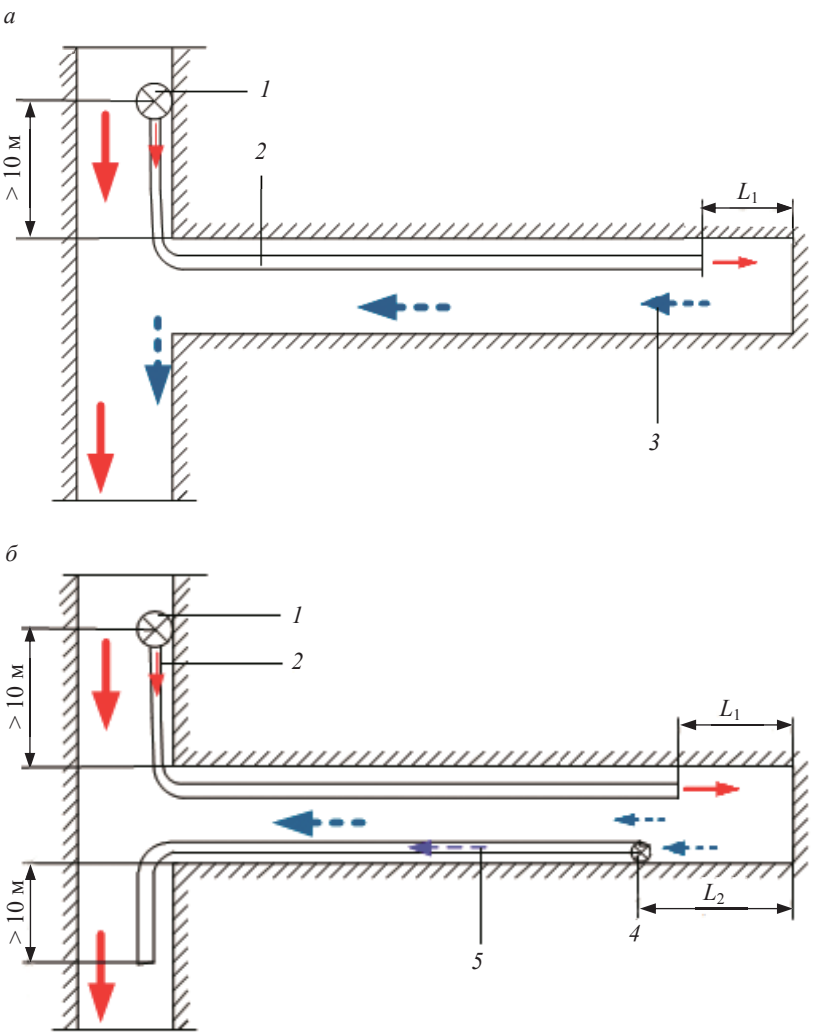

Рисунок 1. Схема нагнетательного проветривания тупикового забоя – *а*; схема комбинированного проветривания тупиковой выработки двумя вентиляторами – *б*: *1* – нагнетательный вентилятор; *2* – нагнетательный трубопровод; *3* – исходящая струя воздуха; *4* – всасывающий вентилятор; *5* – всасывающий трубопровод

Figure 1. Scheme of a blowing system of ventilation for a blind face – *а*; scheme of combined ventilation for a blind working with two fans – *б*: *1* – blow fan; *2* – pressure pipeline; *3* – outgoing air flow; *4* – suction fan; *5* – suction pipeline

Когда пылевая нагрузка на органы дыхания горнорабочих превышает санитарные нормы, необходимо снизить производительность комбайнового комплекса, рассмотреть возможность использования комбинированной схемы проветривания

рабочей зоны, а горнорабочим использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания. Для лучшего управления воздухораспределением необходимо сокращать утечки воздуха. Внутренние утечки, возникающие в выработках, оказывают наибольшее влияние на поступление воздуха. При проходке тупиковых горизонтальных выработок необходимо контролировать отставание вентиляционных труб от призабойного пространства, оно не должно превышать 10 м [11–16].

Таблица 4. Результаты измерений при использовании нагнетательной и комбинированной схем проветривания
Table 4. Measurement results for blowing and combined ventilation schemes

Номер измерения	Запыленность, мг/м³	Средняя концентрация пыли, мг/м³	Атмосферное давление, кПа	Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %
Нагнетательная схема проветривания					
На месте МГВМ, управляющего самоходным вагоном*					
1	238,40				
2	241,70	238,80	102,1	16	43
3	236,30				
На месте МГВМ, управляющего комбайном					
4	52,70				
5	51,50	53,60	102,1	17	42
6	56,70				
Комбинированная схема проветривания					
На месте МГВМ, управляющего самоходным вагоном					
1	180,50				
2	170,80	174,60	101,8	15	45
3	172,42				
На месте МГВМ, управляющего комбайном					
4	32,20				
5	34,20	31,60	101,8	16	46
6	28,40				

* МГВМ – машинист горно-выемочной машины.

Выводы. Организованное в полном соответствии с действующими требованиями охраны труда проветривание тупикового забоя с помощью вентилятора местного проветривания не исключает наличия высокой концентрации пыли в зоне дыхания горнорабочих, о чем говорят полученные данные запыленности воздуха в зоне дыхания машинистов горно-выемочных машин при использовании нагнетательной и комбинированной схем проветривания. Поэтому при проектировании обеспыливающей вентиляции подземных горных выработок должна учитываться не только концентрация пыли в проветриваемом объеме, но и запыленность воздуха в зоне дыхания горнорабочих в забоях.

Предложены рекомендации по оптимизации пылевентиляционного режима в рабочих зонах с высокой запыленностью для обеспечения допустимых санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих и снижения уровня их профессиональной заболеваемости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скочинский А. А., Комаров В. Б. Рудничная вентиляция. М.: Углетехиздат, 1951. 627 с.
2. Зайцев А. В., Трушкова Н. А. Исследование рециркуляционного проветривания при наличии источника газовыделения в рабочей зоне и внутренних утечек воздуха // ГИАБ. 2022. № 3. С. 34–46.
3. Янов А. П., Ващенко В. С. Защита рудничной атмосферы от загрязнений. М.: Недра, 1977. 263 с.
4. Медведев И. И. Проветривание калийных рудников. М.: Недра, 1970. 207 с.
5. Дьяков В. В., Ковалев В. И. Противопылевые вентиляционные режимы на рудниках. М.: Недра, 1984. 201 с.
6. Бублик С. А., Зайцев А. В., Мальцев С. В., Семин М. А. Анализ эффективности систем динамического управления проветриванием на калийных рудниках // Горное эхо. 2021. № 3(84). С. 81–89.
7. Зайцев А. В., Трушкова Н. А. Исследование параметров рециркуляционного проветривания рабочих зон с учетом различных факторов расчета количества воздуха // Горное эхо. 2023. № 2(91). С. 82–89. DOI: 10.7242/echo.2023.2.15
8. Wang W. Z., Wang Y. M., Shi G.Q. Waveband selection within 400–4000 cm of optical identification of airborne dust in coal mine tunneling face // Applied optics. 2016. Vol. 55. No. 11. P. 2951–2959. DOI: 10.1364/AO.55.002951
9. Ren T. X., Plush B., Aziz N. Dust controls and monitoring practices on Australian longwalls // Procedia engineering. 2011. Vol. 26(3). P. 1417–1429. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.11.2319
10. Soutar C. A., Hurley J. F., Miller B. G., Cowie H. A., Buchanan D. Dust concentrations and respiratory risks in coalminers: key risk estimates from the British pneumoconiosis field research // Journal of occupational and environmental medicine. 2004. Vol. 61(6). P. 477–481. DOI: 10.1136/oem.2002.006726
11. Korneva M. V., Korshunov G. I. Assessment of the dust load on the respiratory organs of workers in coal mines, taking into account the dispersed composition of the dust aerosol // Scientific reports on resource issues. 2017. Vol. 1. P. 416–421.
12. Yinlin Ji, Ting Ren, Wynne Peter, Zhijun Wan, Ma Zhaoyang, Wang Zhimin. A comparative study of dust control practices in Chinese and Australian longwall coal mines // International journal of mining science and technology. 2016. No. 26. P. 199–208. DOI: 10.1016/j.ijmst.2015.12.004
13. Colinet J. F., Rider J. P., Listak J. M., Organiscak J. A., Wolfe A. L. Best practices for dust control in coal mining // Informational circular 9517. DHHS (NIOSH) Publication. 2010. No. 2010–110. 70 p.
14. Organiscak J. A., Page S. J., Cecala A. B., Kissell F. N. Surface mine dust control // In: Handbook for dust control in mining. Pittsburgh, PA: NIOSH Publication. 2003. P. 73–81.
15. Казаков Б. П., Левин Л. Ю., Шалимов А. В. Повышение эффективности ресурсосберегающих систем вентиляции для подземных рудников // Горный журнал. 2014. № 5. С. 26–28.
16. Смирнов Э. В., Чернопазов Д. С., Секунцов А. И. Технология последовательной выемки запасов сильвинитовых пластов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2017. № 2. С. 11–16.

Поступила в редакцию 11 марта 2025 года

Сведения об авторах:

Белоусов Семен Сергеевич – аспирант кафедры техносферной безопасности Уральского государственного университета путей сообщения. E-mail: semen09g@mail.ru; https://orcid.org/0000-0001-7274-5747

Кузнецов Андрей Михайлович – старший преподаватель кафедры безопасности горного производства Уральского государственного горного университета. E-mail: andrey-mixal@mail.ru; https://orcid.org/0009-0003-9690-1881

DOI: 10.21440/0536-1028-2025-3-96-104

Recommendations on blind underground mine workings ventilation

Semen S. Belousov[1], Andrei M. Kuznetsov[2]
[1] Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia.
[2] Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

Abstract

Introduction. *There are presently a significant number of air consumers in shafts and mines. Fresh air is supplied to blind mine workings within the work areas by the blowing system of local ventilation fans. Fresh air is supplied to the mine working face area, while the contaminated air is discharged along the mine working. The capacity of the fan unit is a criterion for the ventilation*

design evaluation. Fan units are to be selected in accordance with the calculated indicators, namely capacity and pressure that must fall within the relevant parameters specified in the documentation for this fan unit. In this case, the use of the fan unit is justified. The required capacity of fan units is determined according to the relevant formulas, depending on the required air flow rate.

***Research objective** is to provide acceptable sanitary-hygienic working conditions for miners and reduce occupational morbidity.*

***Methods of research** include a complex approach, involving the analysis of blind faces ventilation with local ventilation fans and full-scale experimental measurements of dust concentration in the breathing zone of miners.*

***Results.** The conducted research of air dust content and the dust factor analysis of current working conditions shows that the dust content in the breathing zone exceeds hygienic standards, and the existing methods of dust control do not provide acceptable working conditions for miners according to the strongly fibrogenic aerosols factor. Recommendations on optimization of dust ventilation mode in work areas with high dust concentration are proposed.*

***Conclusions.** To ensure acceptable sanitary and hygienic working conditions for miners and reduce occupational morbidity, it is necessary to improve the existing methods designing dust protection ventilation of underground mine workings.*

***Keywords:** air dust content; dust; local ventilation; ventilation scheme; air calculation; dust load; aerosols; fibrogenic action; strongly fibrogenic aerosols; SFA.*

REFERENCES

1. Skochinskii A. A., Komarov V. B. *Mine ventilation.* Moscow: Ugletekhizdat Publishing; 1951. (In Russ.)

2. Zaitsev A. V., Trushkova N. A. Recirculating ventilation in the presence of gas emission source and internal air leaks in operating space. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal).* 2022; 3: 34–46. (In Russ.)

3. Ianov A. P., Vashchenko V. S. *Protecting mine atmosphere from contamination.* Moscow: Nedra Publishing; 1977. (In Russ.)

4. Medvedev I. I. *Ventilation of potassium mines.* Moscow: Nedra Publishing; 1970. (In Russ.)

5. Diakov V. V., Kovalev V. I. *Dust protection ventilation modes at mines.* Moscow: Nedra Publishing; 1984. (In Russ.)

6. Bublik S. A., Zaitsev A. V., Maltsev S. V., Semin M. A. Analyzing the efficiency of dynamic ventilation control systems in potassium mines. *Gornoe ekho = Mining Echo.* 2021; 3(84): 81–89. (In Russ.)

7. Zaitsev A. V., Trushkova N. A. Studying the parameters of work areas recirculation ventilation taking into account various factors of air calculation. *Gornoe ekho = Mining Echo.* 2023; 2(91): 82–89. (In Russ.) Available from: doi: 10.7242/echo.2023.2.15

8. Wang W. Z., Wang Y. M., Shi G.Q. Waveband selection within 400–4000 cm of optical identification of airborne dust in coal mine tunneling face. *Applied Optics.* 2016; 55(11): 2951–2959. Available from: doi: 10.1364/AO.55.002951

9. Ren T. X., Plush B., Aziz N. Dust controls and monitoring practices on Australian longwalls. *Procedia Engineering.* 2011; 26(3): 1417–1429. Available from: doi: 10.1016/j.proeng.2011.11.2319

10. Soutar C. A., Hurley J. F., Miller B. G., Cowie H. A., Buchanan D. Dust concentrations and respiratory risks in coalminers: key risk estimates from the British pneumoconiosis field research. *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2004; 61(6): 477–481. Available from: doi: 10.1136/oem.2002.006726

11. Korneva M. V., Korshunov G. I. Assessment of the dust load on the respiratory organs of workers in coal mines, taking into account the dispersed composition of the dust aerosol. *Scientific Reports on Resource Issues.* 2017; 1: 416–421.

12. Yinlin Ji, Ting Ren, Wynne Peter, Zhijun Wan, Ma Zhaoyang, Wang Zhimin. A comparative study of dust control practices in Chinese and Australian longwall coal mines. *International Journal of Mining Science and Technology.* 2016; 26: 199–208. Available from: doi: 10.1016/j.ijmst.2015.12.004

13. Colinet J. F., Rider J. P., Listak J. M., Organiscak J. A., Wolfe A. L. Best practices for dust control in coal mining. *Informational circular 9517. DHHS (NIOSH) Publication.* 2010. No. 2010–110. 70 p.

14. Organiscak J. A., Page S. J., Cecala A. B., Kissell F. N. Surface mine dust control. In: *Handbook for dust control in mining*. Pittsburgh, PA: NIOSH Publication. 2003. P. 73–81.

15. Kazakov B. P., Levin L. Iu., Shalimov A. V. Improving the efficiency of resource-saving ventilation systems for underground mines. *Gornyi zhurnal = Mining Journal.* 2014; 5: 26–28. (In Russ.)

16. Smirnov E. V., Chernopazov D. S., Sekuntsov A. I. The technology of successive winning of silvinite seams reserves in the conditions of Verkhnekamskoye deposit of potassium salts. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal.* 2017; 2: 11–16. (In Russ.)

Received 11 March 2025

Information about the authors:

Semen S. Belousov – PhD student, Department of Technosphere Safety, Ural State University of Railway Transport. E-mail: semen09g@mail.ru; https://orcid.org/0000-0001-7274-5747
Andrei M. Kuznetsov – senior lecturer, Department of Mining Safety, Ural State Mining University. E-mail: andrey-mixal@mail.ru; https://orcid.org/0009-0003-9690-1881

Для цитирования: Белоусов С. С., Кузнецов А. М. Рекомендации по проветриванию тупиковых подземных выработок // Известия вузов. Горный журнал. 2025. № 3. С. 96–104. DOI: 10.21440/0536-1028-2025-3-96-104
For citation: Belousov S. S., Kuznetsov A. M. Recommendations on blind underground mine workings ventilation. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering.* 2025; 3: 96–104 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2025-3-96-104