

УДК 622.807, 622.81 © С.А. Колотов<sup>1,2,3</sup>, С.А. Прокопенко<sup>1,4</sup>,  
В.Г. Шадрин<sup>5</sup>, 2026

UDC 622.807, 622.81 © S.A. Kolotov<sup>1,2,3</sup>, S.A. Prokopenko<sup>1,4</sup>,  
V.G. Shadrin<sup>5</sup>, 2026

<sup>1</sup> ООО «Сила Сибири», 650000, г. Кемерово, Россия

<sup>1</sup> Power of Siberia LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>2</sup> ООО «КМЗ», 650021, г. Кемерово, Россия

<sup>2</sup> Kemerovo Machinebuilding Plant, Kemerovo, 650021, Russian Federation

<sup>3</sup> Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН,  
630091, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup> Chinakal Institute of Mining, SB RAS,  
Novosibirsk, 630091, Russian Federation

<sup>4</sup> ООО НПП «Сибирские горнопромышленники»,  
650023, Кемерово, Россия

<sup>4</sup> SPE Siberian Mining Producers LLC,  
Kemerovo, 650023, Russian Federation

<sup>5</sup> ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия

<sup>5</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

✉ e-mail: sibgp@mail.ru

✉ e-mail: sibgp@mail.ru

# Совершенствование системы шлюзового перекрытия подземных горных выработок

## Enhancement of the airlock door system for underground mine workings

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-4-92-96>

### КОЛОТОВ С.А.

Инженер, генеральный директор  
ООО «Сила Сибири»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
директор ООО «КМЗ»,  
650021, г. Кемерово, Россия,  
аспирант Института горного дела  
им. Н.А. Чинакала СО РАН,  
630091, г. Новосибирск, Россия,  
e-mail: sk5055@yandex.ru

### ПРОКОПЕНКО С.А.

Доктор техн. наук, профессор,  
заместитель директора по науке  
и инновациям ООО «Сила Сибири»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
директор ООО НПП «Сибирские  
горнопромышленники»,  
650023, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: sibgp@mail.ru

### ШАДРИН В.Г.

Канд. экон. наук, доцент,  
заведующий кафедрой,  
ФГБОУ ВО «Кемеровский  
государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия

Обеспечение эффективности и надежности вентиляционной системы шахты при возрастающей разветвленности сети горных выработок определяет повышенное внимание к качеству вентиляционных сооружений, в частности, вентиляционных дверей и шлюзов. Разнообразие горно-геологических условий шахт и многообразие конструкций, выпускаемых промышленностью вентиляционных дверей определяют необходимость систематизации возможностей перекрытия горных выработок. Разработанная классификация вентиляционных дверей позволяет выбирать под конкретную выработку оптимальные варианты дверей по конструкции, схемам открытия, регулирующим устройствам. Повышение качества сооружения вентиляционных дверей и шлюзов, а также управления ими отрабатывается на разработанной и изготовленной машиностроительным заводом ООО «Кемеровский машиностроительный завод» экспериментальной модели шлюзовых дверей. Двери выполнены из металла с размерами 4900х3900 мм и установлены в форме шлюза в опытном цехе. На модели исследованы и испытаны варианты приводов (электрический и пневматический), их силовые характеристики, прочностные свойства конструкции и элементов. Отработаны алгоритмы функционирования системы автоматизированного управления (САУ) дверей с имитацией подъезда транспорта, заезда в шлюз и выезда из него. Выявлены зависимости времени открывания и закрывания дверей пневматическим приводом разного давления. Полученные результаты позволили доработать программное обеспечение САУ и настроить параметры эксплуатации дверей шлюза. Выполнена апробация аппаратуры аварийной остановки полотен при попадании в опасную зону людей или предметов. Оборудование разработано под возможность применения в угольных шахтах, опасных по газу и пыли. Ведутся дальнейшие исследования по разработке надежных взрывозащищенных датчиков контроля с выводом сигналов управления на мобильные устройства машинистов локомотивов с покадровым сравнением изображения в зоне видимости и видеоконтролем пространства. Взрывозащищенное исполнение оборудования автоматизированного контроля и управления дверьми открывает возможности встраивания вентиляционных сооружений в общешахтную

САУ проветривания и формирует основу для вывода шахты на уровень интеллектуализированной системы управления проветриванием.

**Ключевые слова:** шахта, вентиляция, дверь, шлюз, полотно, привод, воздух, горная выработка, конструкция, система автоматизированного управления, модель, датчик.

**Для цитирования:** Колотов С.А., Прокопенко С.А., Шадрин В.Г. Совершенствование системы шлюзового перекрытия подземных горных выработок // Уголь. 2026;(4): 92-96. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-4-92-96.

### Abstract

*Ensuring the efficiency and reliability of the mine ventilation system with the increasing complexity of the mine workings branching requires increased attention to the quality of the ventilation facilities, in particular, ventilation doors and airlocks. The diversity of mining and geological conditions in mines and the variety of ventilation doors manufactured by the industry determine the need to systematize the locking options for mine workings. The developed classification of ventilation doors allows selection of the optimal door options for a specific mine working in terms of design, opening schemes, and control devices.*

*Improvements in the quality of ventilation doors and airlocks, as well as their control, are tested on real size experimental models of airlock doors. The model was used to test various drive options, their power characteristics, and the strength properties of the structure and components. Algorithms for operation of the automated door control system have been refined. The dependencies of the opening and closing times of the doors with the pneumatic drive of different pressures were identified. The results obtained made it possible to refine the software and adjust the operating parameters of the airlock doors. The equipment was designed for use in coal mines that are gas and dust hazardous.*

### Keywords

*Mine, ventilation, door, airlock, door leaf, drive, air, mine working, design, automated control system, model, sensor.*

### For citation

Kolotov S.A., Prokopenko S.A., Shadrin V.G. Enhancement of the airlock door system for underground mine workings. *Ugol'*. 2026;(4):92-96. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-4-92-96.

### ВВЕДЕНИЕ

Шлюзовое перекрытие подземных горных выработок применяется для управления потоками воздушных масс, перемещаемых под землей для вентиляции рабочего пространства, а также для организованного передвижения людей и грузов. Непрерывное изменение положений фронтов подготовительных и добычных работ в шахте или руднике требует актуального вентиляционного сопровождения забоев, достигаемого управлением потоками воздуха по горным выработкам [1, 2, 3]. В современной угольной шахте вентиляционные сети имеют в среднем 500-600 ветвей и 400-500 узлов. Суммарная длина ветвей сети составляет 50-100 км, а средняя длина одного вентиляционного маршрута в сети – около 8 км, достигая

22 км [4]. Эффективность и надежность функционирования вентиляционной системы шахты существенно влияют на безопасность работы людей, особенно в шахтах, опасных по газу. Имеются сведения, что в лавы поступает в среднем лишь около 30% от всего подаваемого в шахту количества воздуха. При этом количество отказов вентиляции в шахте за месяц составляет в среднем четыре случая, т.е. аварийная ситуация возникает практически каждую неделю [4]. В повышении надежности и эффективности функционирования шахтных вентиляционных систем важную роль играют качество и оперативность перекрытия горных выработок при перемещении по ним людей и грузов [5, 6, 7]. В этой связи совершенствование конструкции шлюзового перекрытия горных выработок и системы его управления выступает актуальной научной задачей.

### КЛАССИФИКАЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ДВЕРЕЙ

В настоящее время в шахтах наблюдается большое разнообразие вентиляционных дверей, различающихся по своему назначению и конструкции. Изготовлением и поставкой вентиляционных дверей шахтам Кузбасса занимаются порядка десяти машиностроительных заводов и центров. Среди заметных на рынке можно назвать следующие предприятия: ООО «Кемеровский машиностроительный завод», ООО «Сиб.Т», ООО «Горные электромашины», ООО «КЭЗСБ», ООО «Рудгормаш», ООО «Каслинское механическое предприятие [8, 9, 10, 11, 12].

Наиболее распространенная конструкция шахтной вентиляционной двери включает в себя: металлическую раму, полотно из одной или двух створок, шарниры, дверь для прохода людей, окно с заслонкой, герметизирующие элементы, крепежные элементы. Двери для прохода людей могут размещаться как непосредственно в дверном полотне, так и рядом с ним. Для облегчения прохода людские двери могут выполняться двойными в людском тамбур-шлюзе. Полотна вентиляционных дверей могут открываться как в одну, так и в разные стороны.

Механизм с разнонаправленным открыванием позволяет использовать давление вентиляционной струи для облегчения перемещения створок. В выработке над дверями или в верхней части полотна могут устраиваться фрамуги для частичного пропуска воздуха.

Многообразие конструкций шахтных вентиляционных дверей, количества их полотен, вариантов перемещения полотен и других особенностей привело к необходимости обобщения имеющихся на рынке вариантов и разработки соответствующей классификации (рис. 1.)

По конструкции полотна двери делятся на: щитовые, секционные и роллетные. Щитовые двери имеют металлическое полотно в форме цельной плоскости. У секционных дверей полотно собрано из соединенных между собой вертикальных или горизонтальных длинных элементов в форме поворотных жалюзи. Роллетные двери выполнены в виде связанных последовательно пластин, скользящих по направляющим.

По вариантам перемещения полотна двери бывают: распашные, раздвижные, подъемные, складные, поворотные, рулонные. Щитовые двери изготавливаются распашными,

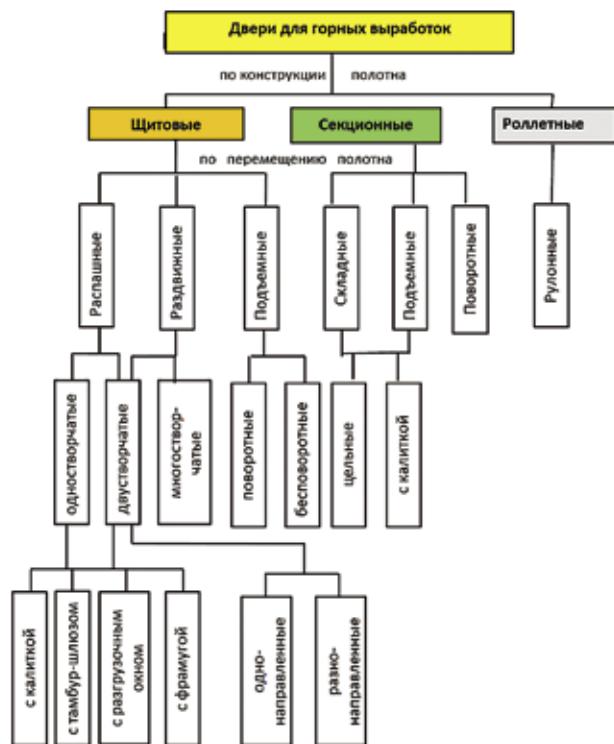


Рис. 1. Классификация дверей для горных выработок  
 Fig. 1. Classification of doors for mine workings

раздвижными и подъемными. Секционные двери могут быть складные, подъемные или поворотные. Роллетные двери для шахт представлены рулонной конструкцией.

Щитовые распашные двери в свою очередь делятся на одностворчатые и двухстворчатые; могут быть с людской дверью, тамбур-шлюзом, разгрузочным окном или фрамугой. Распашные двухстворчатые ворота могут быть однонаправленного или разнонаправленного раскрытия полотен. Щитовые раздвижные двери выполняются одно-, двух- или многостворчатыми. Секционные складные и подъемные двери подразделяются на цельные или с людской дверью.

По приводу полотна вентиляционные двери классифицируют на: пневматические, гидравлические, электрические, комбинированные. Двери по вариантам управления могут быть с: местным управлением: с поста или пульта; дистанционным управлением от диспетчера или с пульта; автоматическим управлением; комбинированным управлением.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ШЛЮЗОВЫХ ДВЕРЕЙ

До недавнего времени персоналом шахт не уделялось должного внимания качеству шлюзового перекрытия горных выработок. Двери считались несложным и неотвечественным сооружением, их изготовление доверялось исполнителям, не имеющим необходимого оборудования для качественного производства, соответствующей технической документации, без должной организации контроля качества, при отсутствии условий испытаний на надежность и необходимых подтверждающих сертификатов. Автоматизация и дистанционный контроль работы вентиляционных шлюзов заказывались шахтами недостаточно, в том числе и по причине отсутствия необходимой

аппаратуры во взрывозащищенном исполнении. Многие из известных систем имеют общепромышленное назначение и не могут применяться в шахтах, опасных по газу и пыли. Отечественных разработчиков взрывозащищенных датчиков явно недостаточно.

С целью упорядочения технологии производства и развития технических и информационных систем шлюзового перекрытия горных выработок в ООО «Кемеровский машиностроительный завод» выполнена работа по подготовке и выпуску ГОСТ Р «Оборудование горно-шахтное. Вентиляционные сооружения распределения воздушных потоков. Общие технические требования. Методы испытаний» [13]. Отдельные производители уже приступили к реализации его требований по повышению качества продукции, ее предварительному тестированию, повышению надежности и безопасности эксплуатации.

Для исследования прочностных характеристик используемых материалов и механизмов, функциональных закономерностей и режимов эксплуатации ШАВД, а также испытания инновационной аппаратуры контроля в ООО «Кемеровский машиностроительный завод» разработана, изготовлена и установлена в вертикальном положении в испытательном цехе экспериментальная модель шлюзовых дверей с размерами 4900×3900 (рис. 2).

Экспериментальная модель состоит из двух металлических рам с дверями, разнесенными на расстояние 6 м. Рамы соединены горизонтальными балками в единую конструкцию, имитирующую шлюз. Полотна дверей в рамах выполнены раскрывающимися в разные стороны. Разработана конструкция и испытан рычажный механизм открытия двух полотен одним приводом. Изготовлен и испытан механизированный электрический привод (МЭП) с двигателем мощностью 3 кВт и тяговым усилием 40 кН. Оборудование выполнено во взрывозащищенном варианте и с управлением вручную с местного пульта.

На модели были отработаны конструктивные, геометрические и силовые параметры привода и креплений механизма открывания дверей. Выявлены фактические параметры провисания дверных полотен по отношению к раме и найдены решения по усилению их конструкции. Установлено, что для длительного нормального функционирования дверей предельное провисание их полотен в собранном виде не должно превышать 5 мм на 1 м длины полотна.

С целью адаптации дверей к разнообразным условиям шахт были проведены испытания различных приводов. Для оценки эффективности функционирования установлены на первую дверь пневматический привод, а на вторую – электрический. Исследования показали, что время открывания полотен электрическим приводом составляет в среднем 28 с, а пневматическим приводом изменяется в диапазоне 6-14 с в зависимости от давления в цилиндре (рис. 3).

По результатам исследования выявлено, что увеличение давления воздуха втрое привело к сокращению времени открытия дверей вдвое. При этом установлено оптимальное значение давления воздуха в цилиндре 0,6-0,7 МПа, обеспечивающее минимальное время открывания и закрывания полотен пневматикой в интервале 6-8 с.

Экспериментальным путем установлены необходимые геометрические и силовые параметры МЭП с учетом воз-

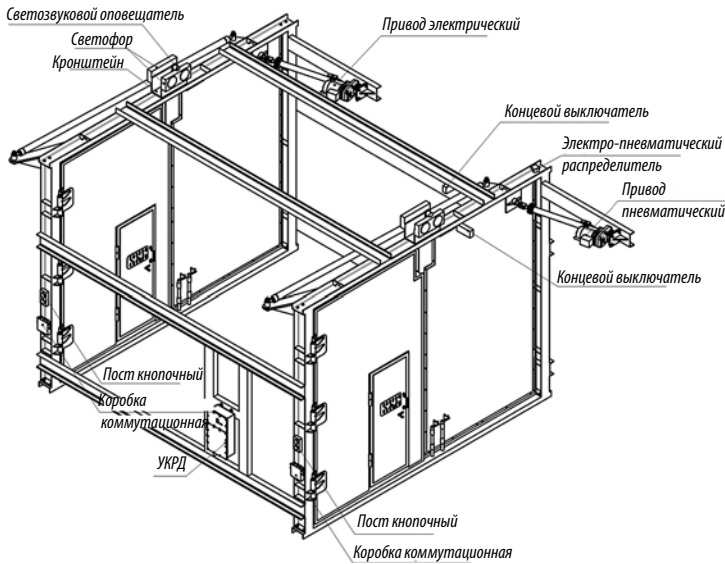


Рис. 2. Экспериментальная модель ШАВД: а – общий вид конструкции; б – модель в испытательном цехе

Fig. 2. The SHAVD experimental model: а – a general view of the design; б – a model in the test workshop

можностей его крепления. Угол раскрытия полотен доведен до 80-90°. Определены места установки и параметры герметизирующих плоскость дверей элементов.

Установлено, что усилие привода для конкретных размеров дверей должно рассчитываться с учетом места крепления штока цилиндра к полотну исходя из максимально возможного статического давления воздуха в выработке, создаваемого вентилятором главного проветривания, на уровне 5-9 кПа. Для двери указанных размеров с приложением нагрузки в верхнюю часть одного полотна усилие привода должно составлять не менее 40-45 кН.

Затем модель шлюза была оснащена приборами визуально-звукового оповещения состояния дверей, аппаратурой блокировки одновременного открытия двух дверей шлюза, датчиками для автоматического открывания/закрывания дверей при приближении/удалении транспорта. Было уделено особое внимание разработке аппаратуры автоматического открывания/закрывания дверей, пригодной к работе в условиях, опасных по газу и пыли.

Специалистами ООО «Кемеровский машзавод» разработаны конструкция, программное обеспечение и изготовлены экспериментальные образцы трансивера ВИТекс, обеспечивающего возможности включения привода дверей при подъезде к ним транспортного средства и пересечении инфракрасного луча между передатчиком и приемником. Предложена система управления, предусматривающая оснащение шлюза четырьмя парами изделий, установленных на бортах горной выработки и направленных друг на друга. Опытные образцы трансивера успешно прошли сертификационные испытания в АО «НЦ ВостНИИ» и допущены к эксплуатации во взрывоопасной среде.

Разработаны инфракрасные излучатели, позволяющие выявлять нахождение в зоне раскрытия шлюзовых дверей людей и блокирующие движение полотен. На экспериментальной модели отработаны алгоритмы функционирования системы автоматизированного управления дверей с имитацией подъезда транспорта, заезда в шлюз, выезда из него, экстренной остановки полотен. Полученные результаты

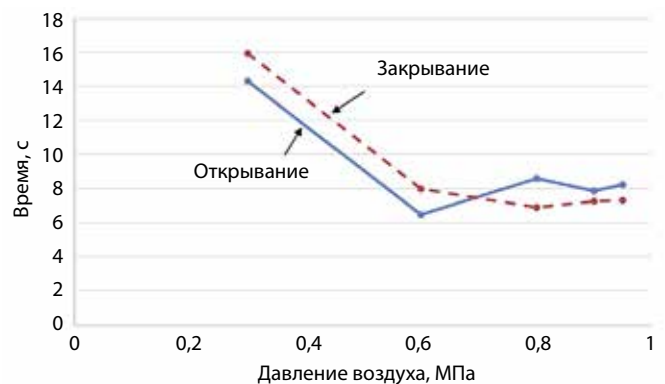


Рис. 3. Зависимости времени открывания и закрывания дверей от давления воздуха в пневмоприводе

Fig. 3. Dependence of door opening and closing times on the air pressure in the pneumatic drive

позволили доработать программное обеспечение АСУ и настроить параметры эксплуатации дверей шлюза [14].

Направлениями дальнейших научных исследований по совершенствованию работы вентиляционных дверей и шлюзов выступают работы по повышению уровня автоматизации управления ШАВД и обеспечению шахтеров возможностями надежного управления дверями с мобильных устройств. Предполагается продолжение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по подключению САУ ШАВД к беспроводным интерфейсам Wi-Fi и соответствующему приложению на Android. Перспективными являются исследования по переходу от автоматизации и диспетчеризации управления вентиляционными сооружениями к встраиванию их функционирования в общую САУ проветривания шахты с освоением стратегии интеллектуального управления проветриванием [15, 16].

## ВЫВОДЫ

Установлено большое разнообразие конструкций, схем раскрытия, механизмов привода, дополнительных

аксессуаров вентиляционных дверей, применяемых в угольных шахтах для управления потоками воздуха по обеспечению безопасных условий труда. Разработана классификация дверей для горных выработок, систематизирующая поставляемые шахтам изделия на три класса по конструкциям полотен и на семь групп по механизмам и направлениям их раскрытия. Приведены различные схемы открывания полотен дверей. Появляются возможности выбора вариантов изготовления шлюзового перекрытия под различные условия вентиляционного режима и параметры горных выработок.

Разработана и изготовлена в натуральную величину экспериментальная модель шлюзовых автоматических вентиляционных дверей, имитирующая в испытательном цехе работу шлюза. Установлены зависимости времени открытия и закрытия дверей от давления воздуха в пневмоприводе. Модель позволяет тестировать прочностные свойства применяемых материалов, устанавливать конструктивные, геометрические и силовые параметры привода и креплений механизма открывания дверей разных конструкций и размеров.

Разработаны и испытаны опытные образцы аппаратуры дистанционного открывания и закрывания, а также блокировки дверей при попадании в зону их действия людей. Аппаратура выполнена во взрывозащищенном исполнении и выдержала сертификационные испытания, что значительно расширяет область ее применения в шахтах.

#### Список литературы • References

- Минин В.В., Таугер В.М., Минин И.В. Направления развития рудничной вентиляции. Глобус: геология и бизнес. 05.08.2022. <https://www.vnedra.ru/tehnologii/napravleniya-razvitiya-rudnichnoj-ventilyaczii-19009/> (дата обращения 15.03.2026).
- Круглов Ю.В. Теоретические и технологические основы построения систем оптимального управления проветриванием подземных рудников: Автореф. дис. ... доктора техн. наук. Пермь: Горный институт Уральского отделения РАН, 2012. 42 с.
- ГОСТ Р 57718-2017 Горное дело. Вентиляция рудничная. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2018. 15 с.
- Ушаков В.К. Проблема надежности и эффективности шахтных вентиляционных систем // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 4. С. 240-248.  
Ushakov V.K. Reliability and efficiency of mine ventilation. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2015;(4):240-248. (In Russ.).
- Li B.-R., Inoue M., Shen S.-B. Mine Ventilation Network Optimization Based on Airflow Asymptotic Calculation Method. *Journal of Mining Science*. 2018;54(1):99-110. DOI: 10.1134/S1062739118013413.
- De Vilhena Costa L., Margarida da Silva J. Cost-saving electrical energy consumption in underground ventilation by the use of ventilation on demand. *Mining Technology*. 2020;129(1):1-8. DOI: 1080/25726668.2019.1651581.
- Вентиляционные шлюзовые двери Сиб.Т. URL: <https://sib-t.ru/project/ventilyaczionnye-shlyuzovye-dveri/?ysclid=lsmrugxf290836159> (дата обращения: 15.03.2026).
- Очередная партия шлюзовых автоматических вентиляционных дверей (ШАВД). URL: [https://dzen.ru/a/Z433KxG5SRwxJr\\_D](https://dzen.ru/a/Z433KxG5SRwxJr_D) (дата обращения: 15.03.2026).
- Дверь вентиляционно-шлюзовая с калиткой. URL: <https://miningtechnics.com/product/dver-ventilyatsionno-shlyuzovaya-s-kalitkoj/?ysclid=lsmuviczl1792847979> (дата обращения: 15.03.2026).
- Двери вентиляционные. URL: <http://kezsrb.ru/produktsiya/provetrivanie-gornyx-vyrobotok-degazatsiya/dveri-ventilyaczionnye> (дата обращения: 15.03.2026).
- Двери шахтные автоматические вентиляционные. URL: <https://rudgormash.by/products/dveri-shakhtnye-avtomaticheskie-ventilyatsionnye/> (дата обращения: 15.03.2026).
- Двери шахтные вентиляционные. URL: [https://kasp.ru/catalog/dveri\\_shahtnye\\_ventilyaczionnye.html?ysclid=lsmv3dmzwd954214491](https://kasp.ru/catalog/dveri_shahtnye_ventilyaczionnye.html?ysclid=lsmv3dmzwd954214491) (дата обращения: 15.03.2026).
- ГОСТ Р 72223-2025. Оборудование горно-шахтное. Вентиляционные сооружения распределения воздушных потоков. Общие технические требования. Методы испытаний: национальный стандарт Российской Федерации подготовлен ООО «Кемеровский машиностроительный завод». М.: Российский институт стандартизации, 2025. 28 с.
- Система автоматизации управления шлюзами в рудниках – разработка «Кеммаш». URL: <https://dprom.online/mtindustry/seestyema-avtomateezatseeee-upravlyeneyea-shlyuzamee-v-rudneekah/?ysclid=lsk3qieixi9636852236> (дата обращения: 15.03.2026).
- Автоматизированное управление вентиляцией шахт и рудников. Проблемы, современный опыт, направления совершенствования / М.А. Семенов, Е.Л. Гришин, Л.Ю. Левин и др. // Записки Горного института. 2020. Т. 246. С. 623-632. DOI: 10.31897/PMI.2020.6.4. Semin M.A., Grishin E.L., Levin L.Yu., Zaitsev A.V. Automated ventilation control in mines. Challenges, state of the art, areas for improvement. *Zapiski Gornogo instituta*. 2020;(246):623-632. (In Russ.). DOI: 10.31897/PMI.2020.6.4.
- Kashnikov A.V., Levin L. Applying machine learning techniques to mine ventilation control systems. Proceedings of 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, 24-26 May, 2017, St. Petersburg, Russia. 2017. P. 391-393. DOI: 10.1109/SCM.2017.7970595.

#### Authors Information

**Kolotov S.A.** – Engineer, General Director, Power of Siberia LLC, 650000, Kemerovo, Russian Federation, Director, Kemerovo Machinebuilding Plant, Kemerovo, 650021, Russian Federation, Postgraduate Student, Chinakal Institute of Mining, SB RAS, Novosibirsk, 630091, Russian Federation, e-mail: sk5055@yandex.ru

**Prokopenko S.A.** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director for Science and Innovation, LLC “Power of Siberia”, 650000, Kemerovo, Russian Federation, Director, SPE Siberian Mining Producers LLC, Kemerovo, 650023, Russian Federation, e-mail: sibgp@mail.ru

**Shadrin V.G.** – PhD (Economic), Associate Professor, Head of the Department, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 20.06.2025

Поступила после рецензирования: 16.03.2026

Принята к публикации: 30.03.2026

#### Paper info

Received June 20, 2025

Reviewed March 16, 2026

Accepted March 30, 2026