

ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЙ РЕМОНТ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК КАК МЕТОД ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОТКАЗОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕМ

О.В. Скопинцева
НИТУ «МИСиС»

Аннотация: Одной из основных причин взрывов газа и пыли является загазирование выработок выемочных или проходческих участков, которое вызвано неудовлетворительной работой вентиляционно-дегазационных систем. Отказы шахтных вентиляционных систем (ШВС) в большей степени состоят из постепенных отказов. Одной из причин таких отказов является аэродинамическое старение выработок. Получены зависимости для расчета относительного удельного аэродинамического сопротивления выработок на любой момент времени в соответствии с планом развития горных работ для участков выработок (откаточных и вентиляционных), находящихся в зоне проявления активного горного давления. Также получены зависимости для капитальных наклонных и горизонтальных выработок (полевых и пластовых). Учитывался способ охраны выработок: целик – целик, целик – выработанное пространство, выработанное пространство – выработанное пространство. Для участков выработок проходило их дифференцирование по виду транспорта: конвейерного или рельсового. Всего было составлено 13 видов групп выработок, в каждой из которых насчитывалось от 60 до 100 и более объектов исследований. Отказы в шахтных вентиляционных сетях, вызванные процессами аэродинамического старения, относятся к износовым отказам. Основные способы борьбы с таким видом отказов предусматривают ограничение срока службы отказавших элементов или их составляющих частей. В случае аэродинамического старения выработок износовый отказ можно предусмотреть: проконтролировать его и провести профилактический ремонт всей выработки или ее части. Разработанный метод составления графика профилактического ремонта оперативен и применим на любом временном шаге с учетом перспективы развития горных работ. Метод учитывает устойчивость выработок и аэродинамические характеристики шахтных вентиляционных систем (топологию вентиляционной сети, аэродинамические сопротивления выработок, необходимые расходы воздуха, утечки воздуха, сопротивления регуляторов, характеристики вентиляторов главного и местного проветривания). Полученные зависимости старения выработок могут быть введены в сетевую задачу воздухораспределения и графика составления ремонтных работ на любом временном шаге моделирования.

Ключевые слова: аэродинамическое старение, надежность шахтных вентиляционных систем, система управления газовыделением, отказ, риск загазирования, аэродинамическое сопротивление выработок, зависимости аэродинамического старения выработок, график профилактического ремонта выработок.

Для цитирования: Скопинцева О.В. Профилактический ремонт горных выработок как метод предупреждения отказов системы управления газовыделением // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 2–1. – С. 54–63. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-54-63.

Preventive repair of mining works as a method for preventing failures in the gas control system

O.V. Skopintseva

NUST «MISiS», Moscow, Russia

Abstract: One of the main causes of gas and dust explosions is gas contamination of workings of excavation or tunneling sections, which is caused by the unsatisfactory operation of ventilation and degassing systems. Failures of mine ventilation systems (SHVS) mostly consist of gradual failures. One of the reasons for such failures is aerodynamic aging of workings. Dependences are obtained for calculating the relative specific aerodynamic resistance of workings at any time in accordance with the mining development plan for section workings (haulage and ventilation) located in the zone of active rock pressure. Also, dependences were obtained for capital inclined and horizontal workings (field and seam). The method of protection of workings was taken into account: pillar-pillar, pillar-worked-out space, worked-out space-worked-out space. For local workings, they were differentiated by type of transport: conveyor or rail. In total, 13 types of groups of workings were compiled, in each of which there were from 60 to 100 or more research objects. Failures in mine ventilation networks caused by aerodynamic aging processes are referred to as wear failures. The main methods of dealing with this type of failure involve limiting the service life of the failed elements or their component parts. In the case of its aerodynamic aging, wear failure can be foreseen: it can be monitored and prevented by carrying out preventive repairs of the entire development or part of it. The method of scheduling preventive maintenance is prompt and applicable at any time step, taking into account the prospects for the development of mining operations. The method takes into account the stability of mine workings and the aerodynamic characteristics of mine ventilation systems (topology of the ventilation network, the aerodynamic resistances of the workings, the required air flow rates, air leaks, the resistance of the regulators, the characteristics of the main and local ventilation fans). The obtained dependences of the aging of the workings can be entered into the network problem of air distribution and the schedule for drawing up repair work at any time step of the simulation.

Key words: aerodynamic aging, reliability of mine ventilation systems, gas emission control system, failure, risk of gas pollution, aerodynamic resistance of workings, dependences of aerodynamic aging of workings, schedule of preventive maintenance of workings.

For citation: Skopintseva O.V. Preventive repair of mining works as a method for preventing failures in the gas control system. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(2–1):54–63. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-54-63.

Введение

Одной из основных причин взрывов газа и пыли является загазирование выработок выемочных или проходческих участков, которое является следствием неудовлетворительной работы вентиляционно-дегазационных систем. Отказы шахтных вентиляционных систем (ШВС) в большей степени состоят из постепенных отказов, для возникновения которых требуется

некоторое продолжительное время. Одна из причин таких отказов — аэродинамическое старение выработок (АС), которое может быть снижено своевременным профилактическим ремонтом [1, 2].

Облегчить вентиляцию выработок, повысить эффективность вентиляции выемочных участков, подготовительных выработок и шахты в целом призвана система управления газовойде-

лением. Под системой управления газовойделением (СУГ) будем понимать комплекс мероприятий по перераспределению газовойделения или изменению его величины.

Управление газовойделением осуществляется проведением следующих основных мероприятий: корректировкой схем вентиляции; регулированием аэродинамического сопротивления выработок (изменением сопротивлений определяющих выработок); выбором соответствующего порядка отработки пластов в свите; выбором соответствующих систем разработки; применением мероприятий, обеспечивающих специальное проветривание выработанного пространства, в том числе с использованием газоотсасывающих установок; применением дегазации выработок и пластов, газодренажных выработок и скважин и др.

Отказы, возникающие при функционировании системы управления газовойделением, могут быть вызваны неблагоприятным сочетанием различных факторов. К таким факторам относятся: колебания интенсивностей газовойделения из разрабатываемого пласта, выработанного пространства, нестационарность газодинамических процессов, колебания расходов воздуха, непланируемые изменения сопротивлений выработок, отказы вентиляционных сооружений.

Также на надежность системы управления газовойделением значительное влияние оказывают колебания значений параметров горно-геологических и горнотехнических условий, изменение физико-технических свойств разрабатываемых пластов (газоносности, газопроницаемости, газоотдачи, коллекторских, фильтрационных свойств, пылеобразующей способности), геологических нарушений и т. д. [3, 4].

Из сказанного следует, что на эффективность системы управления газо-

выделением в комплексе различных факторов влияет и изменение аэродинамического сопротивления горных выработок. При этом опасные изменения сопротивлений выработок могут быть вызваны в том числе и процессами аэродинамического старения выработок. На больших глубинах отработки угольных пластов возрастает интенсивность сближения кровли и почвы и, следовательно, возрастает роль аэродинамического старения выработок и его влияние на эффективность системы управления газовойделением [5–7].

Зависимости аэродинамического старения горных выработок

Аэродинамическое старение горных выработок снижает аэрологическую безопасность угольных шахт и может приводить к отказам в шахтных вентиляционных системах вследствие необеспеченности требуемым количеством воздуха объектов потребления, вызванной уменьшением сечения выработок под действием горного давления [1, 8, 9]. Автором в составе научного коллектива были получены зависимости для расчета относительного удельного аэродинамического сопротивления выработок на любой момент времени в соответствии с планом развития горных работ. Были рассмотрены участковые выработки (откаточные и вентиляционные), которые находились в зоне проявления активного горного давления. Также были рассмотрены капитальные наклонные и горизонтальные выработки, одна часть которых была пройдена по пласту, другая часть — по породе. Учитывался способ охраны выработок: целик — целик, целик — выработанное пространство, выработанное пространство — выработанное пространство. Для участковых выработок проходило их дифференцирова-

ние по виду транспорта: конвейерного или рельсового. Всего было составлено 13 видов групп выработок, в каждой из которых насчитывалось от 60 до 100 и более объектов исследований (табл. 1).

Было установлено, что зависимость относительного (отношение фактического сопротивления к проектному его значению) удельного аэродинамического сопротивления горных выработок $r(t)$ удовлетворительно аппроксимируются полиномом третьей степени [1]

$$\bar{r}(t) = \frac{r_{\phi}(t)}{r_0} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3, \quad (1)$$

где a_0, a_1, a_2, a_3 — числовые коэффициенты; $r_{\phi}(t)$ — фактическое удельное аэродинамическое сопротивление; r_0 — проектное удельное аэродинамическое сопротивление; t — время.

Аппроксимация полиномом третьей степени была произведена для относительного удельного аэродинамического сопротивления по 13 видам основных выработок угольных шахт, перечисленных в табл. 1.

Рассчитав значения относительного удельного сопротивления $r(t)$ по формуле (1) и значениям коэффициентов a_0, a_1, a_2, a_3 (табл. 1), зная проектное значение удельного аэродинамического сопротивления выработки, можем посчитать ее фактическое удельное сопротивление $r_{\phi}(t)$.

Это позволяет решать сетевые задачи по воздухораспределению на любой момент времени и определять выработки, не обеспеченные требуемым количеством воздуха (отказ), а также выработки, сопротивление которых вызвало этот отказ. При этом определяется время отказа выработки, что дает принципиальную возможность определить время заблаговременного

перекрепления выработок, сопротивление которых привело к отказу.

Таким образом, нейтрализация процессов аэродинамического старения выработок возможна путем проведения профилактического ремонта выработок, который, в свою очередь, нацелен на повышение надежности и эффективности функционирования ШВС и СУГ.

Метод профилактического ремонта горных выработок

Отказы в шахтных вентиляционных сетях, вызванные процессами аэродинамического старения относятся к износным отказам. Основные способы борьбы с таким видом отказов предусматривают ограничение срока службы отказавших элементов или их составляющих частей. Поскольку процессы старения развиваются во времени монотонно (не исключением является и аэродинамическое старение), то момент отказа, вызванного старением, можно проследить во времени. А, следовательно, можно предусмотреть износный отказ, проконтролировать его и, что очень важно, предупредить этот отказ, например, проведением профилактического ремонта всей выработки или ее части.

Следует отметить, что ремонтные работы на шахте производились всегда и производятся сейчас. Однако графики таких работ не учитывают процессы аэродинамического старения выработок и в основном связаны даже не с вентиляцией, а с другими факторами, например, с обеспечением надежного транспорта, с соблюдением нормативных требований расстояний между определенными частями выработки (боковыми стенками, проходами для людей) и движущимися частями транспортного средства [10]. Также ведутся ремонтные работы по предупреждению затоплений выработок [11].

Таблица 1

Значения коэффициентов уравнения регрессии математического ожидания относительного удельного сопротивления $\bar{r}(t)$

The values of the coefficients of the regression equation for the mathematical expectation of the relative resistivity

Вид рассматриваемых выработок	Способ проведения	Способ охраны	Шифр группы	Коэффициенты			
				a_0	a_1	a_2	a_3
Участковые откаточные штреки	По пласту	Целик — целик	1 к	0,723	3,458	-1,844	0,252
			1 р	0,926	0,860	-0,295	0,030
		Целик –выработанопространство	2 к	1,432	2,475	-1,469	0,243
			2 р	1,072	0,983	-0,387	0,041
Участковые вентиляционные штреки	По пласту	Целик — целик	3 к	1,131	0,085	0,169	$-0,297 \cdot 10^{-2}$
		Целик –выработанопространство	4 р	1,130	1,635	-0,878	0,144
		Выработанопространство –выработанопространство	5 р	0,998	0,224	-0,112	0,016
Капитальные наклонные выработки	Полевые	Без разгрузочной лавы	6 р	1,003	0,243	-0,013	$2,288 \cdot 10^{-4}$
	По пласту	Целик — целик	7 р	1,056	0,174	$-4,902 \cdot 10^{-3}$	$-1,550 \cdot 10^{-4}$
7 к			1,085	0,428	-0,036	$1,173 \cdot 10^{-3}$	
Капитальные горизонтальные выработки	Полевые	С разгрузочной лавой	8 кр	1,245	0,339	-0,128	0,012
		Без разгрузочной лавы	8 р	0,999	0,151	$-4,936 \cdot 10^{-3}$	$0,560 \cdot 10^{-5}$
	По пласту	Целик — целик	9 р	0,949	0,074	$-3,140 \cdot 10^{-3}$	$4,780 \cdot 10^{-5}$

Примечание. В обозначении номера группы выработки «к» означает конвейерный вид транспорта, «р» — рельсовый.

В случае планирования графиков ремонтных работ по факторам вентиляции и транспорта возникает необходимость составления двух графиков: по фактору вентиляции и по фактору транспорта. Из двух сроков принимается ближайший. Что касается графиков ремонта по фактору вентиляции, то в этом случае процесс старения должен быть учтен для всех однотипных выработок, более того, необхо-

димо учесть влияние старения и влияние ремонта выработок друг на друга, и в конечном счете — на воздухораспределение в шахтной вентиляционной сети. Такую задачу можно решить только путем расчета сетевого воздухораспределения, что в настоящее время производится на каждой шахте с помощью комплекса современных прикладных программ для расчета вентиляции шахты.

Для обеспечения требуемой степени надежности шахтных вентиляционных сетей выдвигаются два требования к организации профилактического ремонта, это своевременность ремонта и его полнота. Своевременность обеспечивается правильным определением сроков начала и окончания ремонта, т. е. срок окончания ремонта должен предупреждать срок наступления отказа в ШВС, и лучше, если срок окончания ремонта будет предупреждать наступление отказа с некоторым резервом по времени его наступления. Полнота ремонта характеризуется степенью восстановления выработки, т. е. на сколько процентов удалось восстановить проектные значения аэродинамических характеристик выработки (сечения, коэффициент аэродинамического сопротивления), аэродинамическое сопротивление). Из двух выдвинутых требований своевременность ремонта является главной, так как даже неполный ремонт выработки уже частично устраняет отказ в ШВС и в некоторых случаях может устранить его полностью.

Алгоритм расчета графика профилактического ремонта горных выработок следующий.

1. На реальный момент времени t_0 , не содержащий отказов, задаются начальные условия шахтной вентиляционной сети, к которым относятся топология сети, сечения выработок, их длины, сопротивления выработок, сопротивления регуляторов. Для начальных условий рассчитывается воздухораспределение в вентиляционной сети.

2. Выбираем определенный временной шаг Δt для расчета воздухораспределения на момент времени $t_0 + \Delta t$. Для этого прежде всего корректируется топология сети и длины выработок, а затем по полученным зависимостям аэродинамического старения (формула (1),

табл. 1) рассчитываются новые значения сопротивлений выработок и для этих значений рассчитывается новое воздухораспределение в сети. Если отказы в сети отсутствуют, то расчет производится для следующего момента времени $t_0 + 2\Delta t$ и т. д. Примечание. Если на какой-то момент времени имел место отказ, то прежде всего этот отказ устраняют системой регулирования, т. е. выставляют нужные значения сопротивлений регуляторов. Для регулирования воздухораспределения можно использовать способы интенсификации вентиляции, например пульсирующую вентиляцию [12]. Если это удалось сделать, то переходят к следующему моменту времени моделирования; если не удалось — то изменяют сопротивление выработки, т. е. выработку ремонтируют (шаг 3).

3. Допустим, что в какой-то момент времени $t_0 + n\Delta t$ (n — целое положительное число) будет зафиксирован отказ, который нельзя устранить путем регулирования воздухораспределения. Фиксируется время отказа, определяются выработки, подлежащие ремонту, устанавливаются сроки начала и окончания ремонта.

4. Уточнение времени отказа производится путем дробления n -го шага моделирования (Δt_n), на котором произошел отказ, и расчета воздухораспределения для всех моментов времени, на которые мы раздробили n -й шаг моделирования (Δt_n). Временной шаг отказа в общем виде будет выглядеть так:

$$t_{np} = t_0 + \left[(n-1) + \frac{p}{m} \right] \Delta t, \quad (2)$$

где m — число подынтервалов, p — номер подынтервала.

5. Выработки, в которых необходимо выполнить ремонтные работы, определяются путем перебора выра-

боток, примыкающих к выработкам с отказавшим объектом. Задавая шаг ΔR , определяют объемы восстановительных работ.

6. Время, когда будет завершен ремонт во всех отказавших элементах, определяется по формуле

$$t_k = t_{\text{пр}} - t_p, \quad (3)$$

где t_p — некоторый резерв по времени после окончания ремонтов во всех отказавших элементах.

7. Возможно, последнюю выработку нужно перекреплять не на всю ее длину. Тогда длина перекрепления выработки будет равна

$$\lambda_{l-1} = \frac{g}{k} l_{l-1}, \quad (4)$$

где g — число участков, которые необходимо перекрепить, l — номер выработки, которую необходимо перекрепить, l — длина выработки.

Если будет найдено такое значение g , при котором можно устранить отказ в ШВС, то расчет прекращается, длину последней выработки из ряда перебора, подлежащей ремонту, определяют с учетом этого g по формуле (4).

8. Среднее значение сопротивлений каждой из отказавших выработок к началу ремонта времени T_i с учетом полученных полиномиальных зависимостей удельного сопротивления определяется по формуле

$$r_{i\text{cp}} = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} r_i(t) dt, \quad (5)$$

С другой стороны, по определению сопротивления имеем

$$r_{i\text{cp}} = \alpha_i \frac{P_{i\text{cp}} \cdot L}{S_{i\text{cp}}^3}, \quad (6)$$

где α_i — коэффициент аэродинамического сопротивления выработки; $P_{i\text{cp}}$ — средний периметр поперечного сечения; $S_{i\text{cp}}$ — средняя площадь попе-

речного сечения; L_1 — протяженность участка выработки единичной длины.

9. Для каждой отказавшей выработки среднее увеличение ее поперечного сечения будет равно

$$\Delta S_{i\text{cp}} = S_0 - S_{i\text{cp}}, \quad (7)$$

где S_{i0} — начальное (проектное) значение поперечного сечения i -ой выработки.

10. Затем моделирование (воздухораспределение) продолжается для следующего временного шага и т. д.

Рассмотренный метод составления графика профилактического ремонта оперативен и применим на любом временном шаге с учетом перспективы развития горных работ. Вся необходимая для расчетов воздухораспределения информация о параметрах шахтной вентиляционной сети всегда имеется на шахте (топология вентиляционной сети, аэродинамические сопротивления выработок, необходимые расходы воздуха, утечки воздуха, сопротивления регуляторов, характеристики вентиляторов главного и местного проветривания).

К этой базе данных добавляются зависимости старения основных видов горных выработок, что позволяет делать прогноз воздухораспределения на любой момент времени. Но не это главное. Главное то, что можно смоделировать время отказа, определить выработки, которые откажут в будущем, определить порядок ремонта этих выработок, сроки начала и окончания ремонтов и даже определить, на какую длину нужно перекрепить выработку, и какую.

Применение метода составления графика профилактических ремонтных работ на действующей шахте облегчает работу вентиляции, тем самым повышая ее устойчивую и надежную работу, что, в конечном счете, повы-

шает эффективность работы системы управления газовой выделением. Вентиляция и система управления газовой выделением взаимозависимы, одно вложено в другое, являются составными частями многофункциональной системы обеспечения безопасности угольных шахт и далеко не последними [1, 13, 14].

Выводы

1. Процессы аэродинамического старения выработок вызывают отказы при функционировании шахтных вентиляционных систем и оказывают негативное влияние на эффективность применения системы управления газовой выделением.

2. Получены зависимости для расчета относительного удельного аэродинамического сопротивления выработок на любой момент времени в соответствии с планом развития горных работ для участковых выработок (откаточных и вентиляционных), находящихся в зоне проявления активного горного давления. Также получены зависимости для капитальных наклонных и горизонтальных выработок (полевых и пластовых). Учитывался способ охраны выработок: целик — целик, целик — выработанное пространство, выработанное пространство — выработанное пространство. Для участковых выработок проходило их дифференцирование по виду транспорта: конвейерного

или рельсового. Всего было составлено 13 видов групп выработок, в каждой из которых насчитывалось от 60 до 100 и более объектов исследований.

3. Отказы в шахтных вентиляционных сетях, вызванные процессами аэродинамического старения, относятся к износным отказам. Основные способы борьбы с таким видом отказов предусматривают ограничение срока службы отказавших элементов или их составляющих частей. В случае аэродинамического старения выработки износный отказ можно предусмотреть: проконтролировать его и провести профилактический ремонт всей выработки или ее части.

4. Метод составления графика профилактического ремонта оперативен и применим на любом временном шаге с учетом перспективы развития горных работ. Метод учитывает устойчивость выработок и аэродинамические характеристики шахтных вентиляционных систем (топологию вентиляционной сети, аэродинамические сопротивления выработок, необходимые расходы воздуха, утечки воздуха, сопротивления регуляторов, характеристики вентиляторов главного и местного проветривания). Полученные зависимости старения выработок могут быть введены в сетевую задачу воздухораспределения и графика составления ремонтных работ на любом временном шаге моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скопинцева О.В. Научное обоснование комплексного метода снижения пылевой и газовой опасностей в угольных шахтах. Диссертация на соискание степени доктора технических наук. — 2012. — 396 с.
2. Korshunov G.I., Rudakov M.L., Kabanov E.I. The use of a risk-based approach in safety issues of coal mines / Journal of Environmental Management and Tourism, 9(1), 2018, pp. 181 — 186. DOI: [https://doi.org/10.14505//jemt.v9.1\(25\).23](https://doi.org/10.14505//jemt.v9.1(25).23).
3. Slastunov S.V., Kolikov K.S., Zakharova A.A., Mazanik E.V. Selection of an effective technology for the degasification of coal beds. Solid Fuel Chemistry. 2015. Т. 49. No 6. Pp. 381 — 386.

4. Batugin A., Kolikov K., Ivannikov A., Ignatov Yu., Krasnoshtanov D. Transformation of the geodynamic hazard manifestation forms in mining areas // Proceedings of the 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. – Albena, 2019. Vol. 19. Iss. 1.3. Pp. 717 – 724.

5. Pleshko M., Kulikova E., Nasonov A. Assessment of the technical condition of deep mine shafts. MATEC Web of Conferences, 2018, 239, 01021. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823901021>.

6. Rybak J., Ivannikov A., Kulikova E., Żyrek T. Deep excavation in urban areas – defects of surrounding buildings at various stages of construction. // MATEC Web Conf. Vol.146, 2018. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20181460201>.

7. Qiao Jianyong, Wang Zhiqiang, Zhao Jingli. The evolution of thick coal seams mining methods in China / E3S Web of Conferences 192, 01023 (2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019201023>.

8. Баловцев С.В. Оценка аэрологического риска аварий на выемочных участках угольных шахт, опасных по взрывам газа и пыли // Горный журнал. – 2015. – № 5. – С. 91 – 93. DOI: 10.17580/gzh.2015.05.19.

9. Ушаков В.К. Анализ затрат на создание и эксплуатацию шахтных вентиляционных систем с целью повышения безопасности труда // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – № 6. – С. 214 – 221. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-6-0-214-221.

10. Рудничная вентиляция: Справочник. Под ред. К.З. Ушакова. – М.: Недра. – 1988. – 440 с.

11. Куликова А.А., Стельмахов А.А., Бачева Т.А., Цымбал М.Н. Очистка вод, поступающих из затопленных шахт и рудников // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 6. – С. 38 – 47. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-38-47.

12. Филин А.Э., Овчинникова Т.И., Зиновьева О.М., Меркулова А.М. Развитие пульсирующей вентиляции в горном производстве // Горный журнал. – 2020. – № 3. – С. 67 – 71. DOI: 10.17580/gzh.2020.03.13.

13. Куликова Е.Ю., Виноградова О.В. Риски как причина снижения промышленной безопасности при строительстве подземных сооружений // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 7. – С. 146 – 154. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-146-154.

14. Копылов К.Н., Кубрин С.С., Решетняк С.Н. Повышение уровня энергоэффективности и безопасности выемочного участка угольной шахты // Горный журнал. – 2019. – № 4 – С. 85 – 89. DOI: 10.17580/gzh.2019.04.19. **PLAB**

REFERENCES

1. Skopintseva O.V. *Nauchnoye obosnovaniye kompleksnogo metoda snizheniya pyl'evoy i gazovoy opasnostey v ugol'nykh shakhtakh. Dissertatsiya na soiskaniye stepeni doktora tekhnicheskikh nauk* [Scientific substantiation of a comprehensive method for reducing dust and gas hazards in coal mines. Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences]. 2012, 396 p.

2. Korshunov G.I., Rudakov M.L., Kabanov E.I. The use of a risk-based approach in safety issues of coal mines. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 9(1), 2018, pp. 181 – 186. DOI: [https://doi.org/10.14505/jemt.v9.1\(25\).23](https://doi.org/10.14505/jemt.v9.1(25).23).

3. Slastunov S.V., Kolikov K.S., Zakharova A.A., Mazanik E.V. Selection of an effective technology for the degasification of coal beds. *Solid Fuel Chemistry*. 2015. T. 49. no. 6. Pp. 381 – 386.

4. Batugin A., Kolikov K., Ivannikov A., Ignatov Yu., Krasnoshtanov D. Transformation of the geodynamic hazard manifestation forms in mining areas. Proceedings of the 19th

International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Albena, 2019. Vol. 19. Iss. 1.3. Pp. 717 – 724.

5. Pleshko M., Kulikova E., Nasonov A. Assessment of the technical condition of deep mine shafts. MATEC Web of Conferences, 2018, 239, 01021. <https://doi.org/10.1051/matec-conf/201823901021>.

6. Rybak J., Ivannikov A., Kulikova E., Żyrek T. Deep excavation in urban areas – defects of surrounding buildings at various stages of construction. MATEC Web Conf. Vol.146, 2018. <https://doi.org/10.1051/matecconf/20181460201>.

7. Qiao Jianyong, Wang Zhiqiang, Zhao Jingli. The evolution of thick coal seams mining methods in China. E3S Web of Conferences 192, 01023 (2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019201023>.

8. Balovtsev S.V. Aerological risk assessment in working areas of gas and dust explosion-hazardous coal mines. *Gornyi Zhurnal*. 2015, no. 5, pp. 91 – 93. DOI: 10.17580/gzh.2015.05.19. [In Russ].

9. Ushakov V.K. Cost estimate of mine ventilation system design and operation towards enhanced labor safety. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018, no. 6, pp. 214 – 221. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-6-0-214-221 [In Russ].

10. *Rudnichnaya ventilyatsiya: Spravochnik. Pod red. K.Z. Ushakova* [Mine ventilation: Handbook. K.Z. Ushakov (Ed.)], Moscow, Nedra, 1988, 440 p. [In Russ].

11. Kulikova A.A., Stelmakhov A.A., Bacheva T.A., Tsymbal M.N. Treatment of water inflow from flooded underground mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(6):38 – 47. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-38-47.

12. Filin A.E., Ovchinnikova T.I., Zinovieva O.M., Merkulova A.M. Advance of pulsating ventilation in mining. *Gornyi Zhurnal*, 2020, no. 3, pp. 67 – 71. DOI: 10.17580/gzh.2020.03.13. [In Russ].

13. Kulikova E. Yu., Vinogradova O.V. Risks as a cause of industrial safety inhibition in underground construction. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(7):146 – 154. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-146-154.

14. Kopylov K.N., Kubrin S.S., Reshetnyak S.N. Improvement of energy efficiency and safety in coal longwalls. *Gornyi Zhurnal*. 2019, no. 4, pp. 85 – 89. DOI: 10.17580/gzh.2019.04.19. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Скопинцева Ольга Васильевна – доктор технических наук, профессор, профессор, НИТУ «МИСиС», e-mail: skopintseva54@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Skopintseva O.V., Dr. Sci. (Eng.), Professor, Professor, NUST «MISIS», Moscow, Russia, e-mail: skopintseva54@mail.ru.

Получена редакцией 08.12.2020; получена после рецензии 18.01.2021; принята к печати 01.02.2021.

Received by the editors 08.12.2020; received after the review 18.01.2021; accepted for printing 01.02.2021.

