

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СТАРЕНИЯ ВЫРАБОТОК НА АЭРОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

О.В. Скопинцева^{1,2}, С.В. Баловцев¹

¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва;

² Российский государственный геологоразведочный университет
им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), Москва

Аннотация: Приведены результаты исследования аэродинамического старения горных выработок. Установлено, что наиболее активно деформируются участковые выработки, находящиеся в зоне активного проявления горного давления. Средняя скорость увеличения их сопротивления достигает $0,0112 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^9\cdot\text{год}$, а степень увеличения их удельных сопротивлений за 4–9 лет существования достигает 7–8 раз. Темпы старения капитальных выработок существенно ниже, чем участковых, и составляют в среднем за весь срок их существования для наклонных выработок $0,0014 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^9\cdot\text{год}$, для горизонтальных – $0,0009 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^9\cdot\text{год}$. Степень увеличения удельного сопротивления капитальных выработок за 12–25 лет их существования достигает 3 раз. Выполнено ранжирование выработок по относительному показателю аэрологического риска R_{ac} по фактору аэродинамического старения. Расчеты показали, что среднее значение относительного показателя аэрологического риска по фактору аэродинамического старения выработок R_{ac} для участковых откаточных штреков составило 0,541; для участковых вентиляционных штреков – 0,842; для капитальных наклонных выработок – 0,172; для капитальных горизонтальных выработок – 0,101. При оценке риска загазирования выработок необходимо учитывать данные по аэродинамическому старению горных выработок.

Ключевые слова: аэрологический риск, аэродинамическое старение, надежность шахтных вентиляционных систем, аэродинамическое сопротивление выработок, способ охраны выработок, ранжирование выработок, относительный показатель аэрологического риска, оценка риска загазирования.

Для цитирования: Скопинцева О.В., Баловцев С.В. Оценка влияния аэродинамического старения выработок на аэрологические риски на угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 6-1. – С. 74–83. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-74-83.

Evaluation of the influence of aerodynamic aging of production on aerological risks on coal mines

O.V. Skopintseva^{1,2}, S.V. Balovtsev²

¹ National university of science and technology «MISIS», Moscow, Russia;

² Russian state geological exploration University named after Sergo Ordzhonikidze (MGRI), Moscow

Abstract: The results of a study of the aerodynamic aging of mine workings are presented. It is established that the local workings located in the zone of active manifestation of rock pressure are most deformed. The average rate of increase in their resistance reaches 0.0112

$N \times s^2 / m^9 \times yr$, and the degree of increase in their resistivities over 4–9 years of existence reaches 7–8 times. The rate of aging of the mine workings is much lower than that of the local workings, averaging $0.0014 N \times s^2 / m^9 \times year$ for the inclined workings on average over the entire period of their existence, and $0.0009 N \times s^2 / m^9 \times year$ for horizontal ones. The degree of increase in the resistivity of capital workings for 12–25 years of their existence reaches 3 times. The workings were ranked by relative aerological risk indicator R_{ac} by aerodynamic aging factor. The calculations showed that the average value of the relative aerological risk indicator for the aerodynamic aging factor of the R_{ac} mine workings for the local haul drifts was 0.541; for precinct ventilation drifts – 0.842; for capital inclined workings – 0.172; for capital horizontal workings – 0.101. When assessing the risk of gassing of workings, it is necessary to take into account data on the aerodynamic aging of mine workings.

Key words: aerological risk, aerodynamic aging, reliability of mine ventilation systems, aerodynamic resistance of mine workings, method of protecting mine workings, workings ranking, relative aerological risk indicator, risk assessment.

For citation: Skopintseva O.V., Balovtsev S.V. Evaluation of the influence of aerodynamic aging of production on aerological risks on coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(6-1):74-83. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-74-83.

Основная цель теории аэрологических рисков на угольных шахтах состоит в разработке методов количественной оценки и оптимизации надежности вентиляции шахты в целом, позволяющих осуществлять выбор оптимальных по фактору надежности вариантов систем вентиляции проектируемых и действующих шахт. Надежность определяется свойствами безотказности, ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости системы. Для шахтной вентиляционной системы наиболее существенным является свойство безотказности, т.е. свойство непрерывно выполнять требуемую функцию в течение заданного времени, иными словами, непрерывно обеспечивать требуемое (по условиям безопасности и санитарно-гигиеническим нормам) состояние шахтной атмосферы [1–4].

К отказам в вентиляционной системе шахты, наступающим постепенно, относятся отказы, вызываемые старением шахтной вентиляционной системы. Сечение выработки со временем уменьшается, если она расположена в зоне влияния очистных работ. Применение таких выработок для проветривания выемочных участков увели-

чивает риск загазирования выемочных участков [5]. При оценке риска загазирования необходимо учитывать данные по изменению удельного аэродинамического сопротивления горных выработок во времени, так называемого аэродинамического старения горных выработок. Под аэродинамическим старением будем понимать устойчивое увеличение удельного аэродинамического сопротивления выработки во времени [6].

С развитием горных работ процессы аэродинамического старения интенсифицируются, т.к. происходит увеличение смещений пород в выработках. Так, например, при увеличении глубины работ с 500 до 1000 м интенсивность сближения кровли и почвы возрастает в 2 раза [7–10].

Ранее [6] были выполнены исследования аэродинамического старения горных выработок на 8 шахтах Донбасса, имеющих глубину разработки более 1000 м. Были рассмотрены основные виды горных выработок, подверженных аэродинамическому старению. По степени влияния очистных работ основные горные выработки были распределены на 13 видов групп выработок (табл. 1).

Таблица 1

Классификация выработок по горнотехническим факторам
Mining classification by mining factors

Наименование выработок	Способ проведения	Способ охраны	Вид транспорта	Номер группы
Участковые откаточные штреки	По пласту	Целик – целик	Конвейерный	1 к
			Рельсовый	1 р
		Целик –выработанное пространство	Конвейерный	2 к
			Рельсовый	2 р
Участковые вентиляционные штреки	По пласту	Целик-целик	Конвейерный	3 к
		Целик –выработанное пространство	Рельсовый	4 р
		Выработанное пространство –выработанное пространство	Рельсовый	5 р
Капитальные наклонные выработки	Полевые	Без разгрузочной лавы	Рельсовый	6 р
	По пласту	Целик – целик	Рельсовый	7 р
Конвейерный			7 к	
Капитальные горизонтальные выработки	Полевые	С разгрузочной лавой	Конвейерный Рельсовый	8 кр
		Без разгрузочной лавы	Рельсовый	8 р
	По пласту	Целик – целик	Рельсовый	9 р

Объектами наблюдений служили участки выработок длиной 200 м, не имеющие разветвлений, не загроможденные транспортными средствами и другим оборудованием, с мало меняющимся поперечным сечением. Был получен статистический материал по 500 объектам, общее количество наблюдений на которых составило 2000 [6, 11, 12]. К началу наблюдений каждый объект существовал в течение определенного времени. Поэтому вся совокупность результатов наблюдений в каждой группе объектов относилась к достаточно большому временному диапазону. Так, для участковых выработок диапазон наблюдений охватывал период от 0 до 8 лет, для капитальных – от 0 до 25 лет.

По полученным данным для каждой группы выработок строился график зависимости математического ожи-

дания удельного сопротивления $r(t)$ выработок данной группы от времени их существования t . Зависимости $r(t)$ удовлетворительно описываются полиномами третьей степени [13]. Были получены соответствующие корреляционные уравнения для выработок всех групп.

Окончательно изменение сопротивления выработок во времени было представлено в относительном виде $\overline{r(t)}$,

$$\overline{r(t)} = \frac{r_{\phi}(t)}{r_0}, \quad (1)$$

где $\overline{r(t)}$ – относительное удельное сопротивление выработки; $r_{\phi}(t)$ – фактическое удельное сопротивление выработки, полученное в результате обработки данных измерений; r_0 – расчетное (проектное) значение удельного сопротивления выработки.

Графики изменения во времени относительного удельного сопротивления выработок каждой группы по классификации (табл. 1) приведены на рис. 1 и 2.

Анализ представленных зависимостей позволяет сделать следующие выводы. Аэродинамическое старение оказывает существенное влияние на сопротивление как участковых, так и капитальных горных выработок. Степень увеличения удельного сопротивления выработок вследствие старения может достигать для участковых выработок 8 раз, для капитальных — 4.

Генеральный характер изменения удельного сопротивления во времени одинаков для всех типов выработок и отличается монотонным увеличением сопротивления с уменьшающейся до некоторого

предельного значения скоростью. Существенное искажение на него накладывают процессы ремонта, придавая зависимости $r(t)$ периодический характер. Особенно сильно влияние процессов ремонта в участках выработках.

Основными факторами, определяющими характеристики протекания процесса аэродинамического старения выработок, являются (в порядке приоритета) характер проявления горного давления (расположение выработки в зоне активного проявления горного давления или в зоне установившегося давления), способ охраны выработки (выработки полевые или пройденные по пласту, в массиве, в выработанном пространстве и др.), организация ремонтных работ, угол наклона выработок.

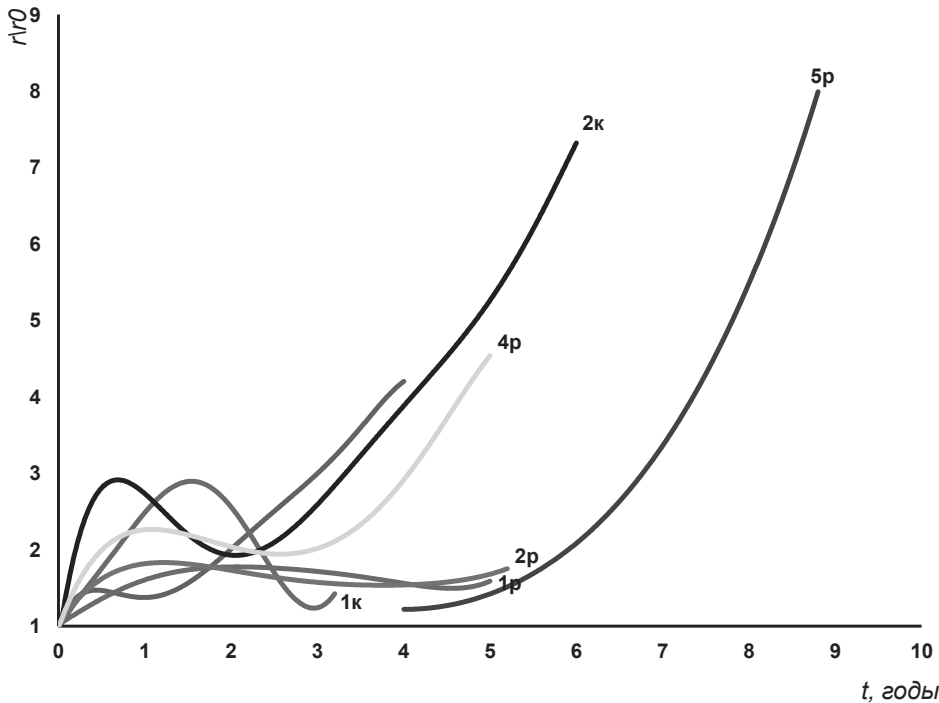


Рис. 1. Изменение во времени относительного удельного аэродинамического сопротивления участковых горных выработок (в соответствии с классификацией в табл. 1)

Fig. 1. The change in time of the relative specific aerodynamic drag of local mine workings (in accordance with the classification in Table 1)

Ранжирование выработок по относительному показателю аэрологического риска R_{ac} по фактору аэродинамического старения
 Ranking of workings by relative aerological risk index R_{ac} by aerodynamic aging factor

Наименование выработок	Способ проведения	Способ охраны	Номер группы	Время существования, t_k , время	Степень увеличения удельного сопротивления		Скорость роста r'_{cp}	Относительный показатель аэрологического риска, R_{ac}
					$\overline{r_{cp}} = r_{cp} / r_0$	$r(t_k) / r_0$		
Участковые откаточные штреки	По пласту	Целик –целик	1 к	3,75	1,82	1,2	0,0061	0,545
			1 р	5,0	1,6	1,67	0,0040	0,351
			2 к	6,0	3,4	8,26	0,0108	0,964
			2 р	5,75	1,57	1,77	0,0034	0,303
Участковые вентиляционные штреки	По пласту	Целик –целик	3 к	4,25	2,27	4,33	0,0080	0,714
			4 р	4,75	2,3	4,24	0,0091	0,812
			5 р	9,25	3,0	8,5	0,0112	1,0
			6 р	20,5	2,2	2,66	0,0014	0,125
			7 р	12,5	1,8	2,25	0,0013	0,116
Капитальные наклонные выработки	По пласту	Целик –целик	7 к	13,0	2,53	3,12	0,0031	0,277
			8 кр	8,5	1,5	2,23	0,0018	0,161
			8 р	24,7	2,2	2,89	0,0009	0,080
Капитальные горизонтальные выработки	По пласту	Целик –целик	9 р	25,4	1,45	1,62	0,0007	0,062

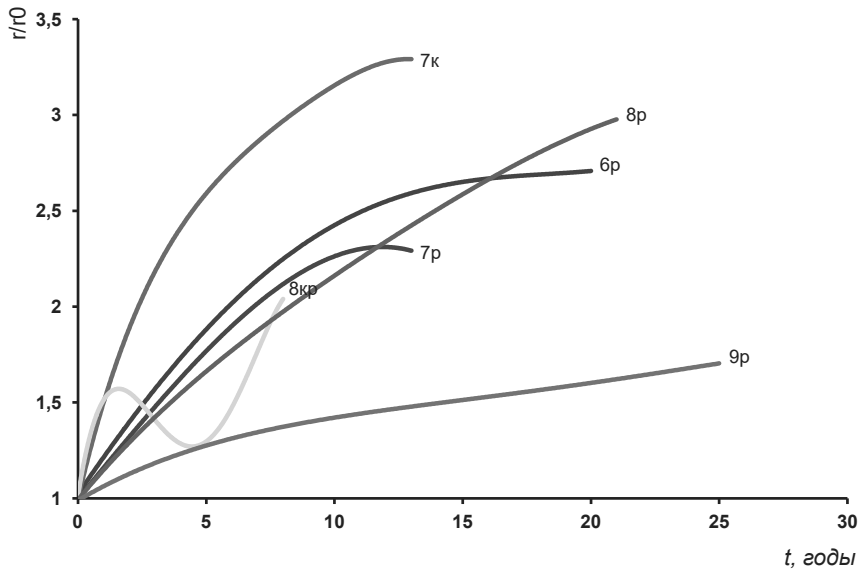


Рис. 2. Изменение во времени относительного удельного аэродинамического сопротивления капитальных горных выработок (в соответствии с классификацией в табл. 1)
 Fig. 2. Change in time of the relative specific aerodynamic drag of the capital mine workings (in accordance with the classification in Table 1)

Наиболее активно деформируются участковые выработки, находящиеся в зоне активного проявления горного давления. Средняя скорость увеличения их сопротивления достигает $0,0112 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^9\cdot\text{год}$, а степень увеличения их удельных сопротивлений за 4–9 лет существования достигает 7–8 раз.

Примечание:

$$r'_{cp} = \frac{(r_{cp} - r_0)}{t_k}, \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^9;$$

где r_0 — проектное значение удельного сопротивления, $\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^9$; r_{cp} — среднее за весь срок службы удельное сопротивление,

$$R_{ac} = \frac{r'_{cpi}}{\max\{r'_{cpi}\}},$$

$\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^9$; относительный показатель аэрологического риска по фактору аэродинамического старения выработок.

Темпы старения капитальных выработок существенно ниже, чем участковых, составляя в среднем за весь срок

их существования для наклонных выработок $0,0014 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^9\cdot\text{год}$, для горизонтальных — $0,0009 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^9\cdot\text{год}$. Степень увеличения удельного сопротивления капитальных выработок за 12–25 лет их существования достигает 3 раз.

Средние значения относительного показателя аэрологического риска по фактору аэродинамического старения выработок R_{ac} по данным табл. 2 составили: участковых откаточных штреков — $0,541$; для участковых вентиляционных штреков — $0,842$; для капитальных наклонных выработок — $0,172$; для капитальных горизонтальных выработок — $0,101$.

Из исследованных способов охраны выработок наиболее эффективно уменьшает процессы аэродинамического старения проведение выработок по породе. Среди капитальных выработок средняя за время их существования скорость увеличения удельного сопротивления полевых выработок примерно

в 1,4 раза меньше таковой для пластовых выработок со способом охраны «целик-целик». При проведении выработок по пласту наиболее эффективен способ охраны «целик-целик». Для участков выработок средняя скорость роста их удельного сопротивления, рассчитанная по среднему за срок существования выработки значению удельного сопротивления, при способе охраны «целик-целик» в 1,3 раза меньше, чем при способе охраны «целик-выработанное пространство».

Выработки с конвейерным транспортом имеют в 2–2,5 раза более высокие показатели скорости роста удельного сопротивления, чем выработки с рельсовым транспортом. Данное различие, видимо, объясняется разной организацией ремонтных работ в этих выработках, а именно: более интенсивным ремонтом выработок с рельсовым транспортом, чем выработок с конвейерным транспортом.

Использование относительных величин удельных сопротивлений позволяет получать фактические («постаревшие») значения сопротивлений выработок по их проектным значениям простым пересчетом

$$r_{\phi} = r \cdot r_0, \quad (2)$$

Степень увеличения удельного сопротивления выработок вследствие аэродинамического старения необходимо учитывать при оценке аэрологических рисков на угольных шахтах, в частности при оценке риска загазования на выемочных участках при высокопроизводительной отработке запасов выемочных участков угольных шахт [14–20].

Выводы

1. Наиболее активно деформируются участковые выработки, находящиеся в зоне активного проявления горного давления. Средняя скорость увеличения их сопротивления достигает 0,0112 Н·с²/м⁹·год, а степень увеличения их удельных сопротивлений за 4–9 лет существования достигает 7–8 раз.

2. Темпы старения капитальных выработок существенно ниже, чем участковых, в среднем они составляют за весь срок их существования для наклонных выработок 0,0014 Н·с²/м⁹·год, для горизонтальных — 0,0009 Н·с²/м⁹·год. Степень увеличения удельного сопротивления капитальных выработок за 12–25 лет их существования достигает 3 раз.

3. Средние значения относительного показателя аэрологического риска по фактору аэродинамического старения выработок R_{ac} по данным табл. 2 составили: участковых откаточных штреков — 0,541; для участковых вентиляционных штреков — 0,842; для капитальных наклонных выработок — 0,172; для капитальных горизонтальных выработок — 0,101.

4. При проведении выработок по пласту наиболее эффективен способ охраны «целик — целик». Для участков выработок средняя скорость роста их удельного сопротивления при способе охраны «целик — целик» в 1,3 раза меньше, чем при способе охраны «целик — выработанное пространство».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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)
2. Kaledina N.O., Kobytkin S.S. Ventilation of blind roadways in coal mines: Problems and solutions. Eurasian Mining 2015 (2), pp. 26-30.

3. *Filin A.E., Zinovieva O.M., Kolesnikova L.A., Merkulova A.M.* Prospects of safety control in combination of mining and metallurgy industries // Eurasian Mining. 2018. No. 1. P. 31–34. DOI: 10.17580/em.2018.01.07.
4. *Кабанов Е.И., Коршунов Г.И., Родионов В.А.* Разработка экспертной системы на основе нечеткой логики для оценки риска взрыва метана и пыли на угольных шахтах // Горный журнал. – 2019. – № 8. – С. 85–88. DOI: 10.17580/gzh.2019.08.17.
5. *Ганова С.Д., Скопинцева О.В., Исаев О.Н.* К вопросу исследования состава углеводородных газов угольных пластов и пыли с целью возможного прогнозирования их потенциальной опасности // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 6. – С. 109–115.
6. *Скопинцева О. В.* Аэродинамическое старение горных выработок как фактор, определяющий надежность шахтных вентиляционных сетей. Диссертация на соискание ученой степ. к.т.н. – М., 1989. – 186 с.
7. *Kulikova E.Yu.* Assessment of operating environment of concrete lining of sewage collector tunnels. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 687, 044035, doi:10.1088/1757-899X/687/4/044035, pp. 1-7.
8. *Копылов К.Н., Кубрин С.С., Решетняк С.Н.* Актуальность повышения уровня энергоэффективности и безопасности выемочного участка угольной шахты // Уголь. – 2018. – № 10 (1111). – С. 66–71. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-10-66-67.
9. *Kulikova E.Yu.* Estimation of factors of aggressive influence and corrosion wear of underground structures. Materials Science Forum. 2018. Vol. 931. Pp. 385–390. ISSN: 1662-9752, doi:10.4028/www.scientific.net / MSF.931.385 Trans Tech Publications, Switzerland.
10. *Batugin A., Myaskov A., Ignatov Y., Khotchenkov E., & Krasnoshtanov D.* Re-using of data on rockbursts for up-to-date research of the geodynamic safety problem. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 221(1) doi:10.1088/1755-1315/221/1/012089.
11. *Серпуховитина Т.Ю., Лазарев Р.А., Цыцорин И.А.* Экологический мониторинг как фактор формирования комфортной среды // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № S1. – С. 216–222. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-1-1-216-222.
12. *Ахмадиев А.К., Экзарьян В.Н.* Реабилитация природной среды – структурный элемент экологической безопасности // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 2. – С. 112–120. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-2-0-112-120.
13. *Michael J. Landry.* The coset construction for non-equilibrium systems. High Energy Physics – Theory. Submitted on 27 Dec 2019, p. 35. <https://arxiv.org/abs/1912.12301>
14. *Малашкина В.А.* Направления повышения эффективности использования систем дегазации угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – № 6. – С. 206–214. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-206-214.
15. *Абрамкин Н.И., Дородний А.В., Бухарбаев И.У.* Анализ интегрированной технологии высокопроизводительной отработки запасов выемочных участков угольных шахт // Уголь. – 2019. – № 1 (1114). – С. 40–45. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-1-40-45.
16. *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.
17. *Куликова Е.Ю.* Оценка экологичности полимерных материалов в подземном строительстве // Экология и промышленность России. – Т. 20. – №3. – 2016. – С. 28–31.
18. *Кобылкин С.С., Кобылкин А.С.* Трехмерное моделирование при проведении инженерных расчетов по тактике горноспасательных работ // Горный журнал. – 2018. – № 5. – С. 82–85.
19. *Kolikov K.S., Mazina I.E., Manevich A.I.* Stress-strain analysis in coal and rock mass under traditional mining with full caving and in technology with backfilling. Eurasian Mining. 2018, no 2, pp. 15–17. DOI: 10.17580/em.2018.02.04

20. Manevich A.I., Kolikov K.S., Egorova E.A. Geocological aspects of stress-strain state modeling results of Leninsky coal deposit (Kuzbass, Russia). *Russian Journal of Earth Sciences*. 2019. T. 19. No 4. Pp. ES4002. DOI: 10.2205/2019ES000663 **MIAB**

REFERENCES

1. 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).
2. Kaledina N.O., Kobylkin S.S. Ventilation of blind roadways in coal mines: Problems and solutions. *Eurasian Mining*, 2015 (2), pp. 26 – 30.
3. Filin A.E., Zinovieva O.M., Kolesnikova L.A., Merkulova A.M. Prospects of safety control in combination of mining and metallurgy industries. *Eurasian Mining*. 2018. no. 1. pp. 31–34. DOI: 10.17580/em.2018.01.07. [In Russ]
4. Kabanov E.I., Korshunov G.I., Rodionov V.A. Expert system based on fuzzy logic for assessment of methane and dust explosion risk in coal mines. *Gornyj zhurnal*. 2019. no. 8. S. 85-88. DOI: 10.17580/gzh.2019.08.17. [In Russ]
5. Ganova S.D., Skopintseva O.V., Isaev O.N. On the issue of studying the composition of hydrocarbon gases of coals and dust to predict their potential hazard. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 2019. T. 330. no. 6. pp. 109-115. [In Russ]
6. Skopintseva O. V. *Aerodinamicheskoe starenie gornyh vyrabotok kak faktor, opredelyayushchij nadezhnost' shahtnyh ventilyacionnyh setej* [Aerodynamic aging of mine workings as a factor determining the reliability of mine ventilation networks]. Dissertaciya na soiskanie ucheno j step. k.t.n. Moscow, 1989. 186 p. [In Russ]
7. Kulikova E.Yu. Assessment of operating environment of concrete lining of sewage collector tunnels. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 687, 044035, doi:10.1088/1757-899X/687/4/044035, pp. 1 – 7.
8. Kopylov K.N., Kubrin S.S., Reshetnyak S.N. The importance of improving energy efficiency and safety of coal mine extraction area. *Ugol'*. 2018. no. 10 (1111). pp. 66 – 71. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-10-66-67. [In Russ]
9. Kulikova E.Yu. Estimation of factors of aggressive influence and corrosion wear of underground structures. *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931. Pp. 385-390. ISSN: 1662-9752, doi:10.4028/www.scientific.net. MSF.931.385 Trans Tech Publications, Switzerland.
10. Batugin A., Myaskov A., Ignatov Y., Khotchenkov E., & Krasnoshtanov D. Re-using of data on rockbursts for up-to-date research of the geodynamic safety problem. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 221(1) doi:10.1088/1755-1315/221/1/012089.
11. Serpuhovitina T.Yu., Lazarev R.A., Cycorin I.A. Environmental monitoring as a factor in the formation of a comfortable environment. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020. no. S1. pp. 216–222. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-1-1-216-222. [In Russ]
12. Ahmadiev A.K., Ekzar'yan V.N. Rehabilitation of the natural environment as the structural element of ecological security. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020. no. 2. S. 112–120. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-2-0-112-120. [In Russ]
13. Michael J. Landry. The coset construction for no. n-equilibrium systems. *High Energy Physics Theory*. Submitted on 27 Dec 2019, p. 35. <https://arxiv.org/abs/1912.12301>.
14. Malashkina V.A. Recent trends in efficiency improvement in application of degasification systems in coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019. no. 6. pp. 206-214. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-206-214. [In Russ]
15. Abramkin N.I., Dorodnij A.V., Buharbaev I.U. Analysis of the integrated technology of high-performance mining of stocks of excavation sites of coal mines. *Ugol'*. 2019. no. 1 (1114). pp. 40-45. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-1-40-45. [In Russ]

16. 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. [In Russ]

17. Kulikova E.Yu. Assessment of polymer materials environmental compatibility in underground development. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. T. 20. no. 3. 2016. pp. 28 – 31. [In Russ]

18. Kobylkin S.S., Kobylkin A.S. 3D modeling in engineering design of mine rescue work tactics. *Gornyj zhurnal*. 2018. no. 5. pp. 82 – 85. [In Russ]

19. Kolikov K.S., Mazina I.E., Manevich A.I. Stress-strain analysis in coal and rock mass under traditional mining with full caving and in technology with backfilling. *Eurasian Mining*. 2018, no. 2, pp. 15-17. DOI: 10.17580/em.2018.02.04.

20. Manevich A.I., Kolikov K.S., Egorova E.A. Geocological aspects of stress-strain state modeling results of Leninsky coal deposit (Kuzbass, Russia). *Russian Journal of Earth Sciences*. 2019. T. 19. no. 4. pp. ES4002. DOI: 10.2205/2019ES000663.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Скопинцева Ольга Васильевна^{1,2} — докт. техн. наук, профессор; профессор кафедры техносферной безопасности, e-mail: skopintseva54@mail.ru;

Баловцев Сергей Владимирович — канд. техн. наук доцент, доцент, e-mail: balovcev@yandex.ru;

¹ Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ);

² Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Ленинский пр., 4, Москва, 119049.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Skopintseva O.V., Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Technosphere Security Department, Professor, e-mail: skopintseva54@mail.ru;

Balovtsev S.V., Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: Balovcev@yandex.ru;

¹ National university of science and technology «MISIS», Moscow, Russia;

² Russian state geological exploration University named after Sergo Ordzhonikidze (MGRI), Moscow, Russia.

Получена редакцией 11.03.2020; получена после рецензии 13.04.2020; принята к печати 20.05.2020.

Received by the editors 11.03.2020; received after the review 13.04.2020; accepted for printing 20.05.2020.

