

С.В. Баловцев

## К МЕТОДИКЕ ПРОГНОЗА ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

**Аннотация.** Проведен обзор действующей нормативной базы аэрологического обеспечения горных работ для угольных шахт. Одним из основных элементов проектирования вентиляции угольных шахт является оценка аэрологических рисков. Методический документ по оценке и управлению аэрологическим риском аварий на выемочных участках угольных шахт предназначен для персонала угольных шахт, а также организаций, осуществляющих проектирование вентиляции. Приведены принципы оценки и управления аэрологического риска, диапазоны изменения степени аэрологического риска, типовые схемы проветривания выемочных участков и коэффициенты аэрологического риска для каждой схемы при различных горно-геологических условиях. Установлены максимальные значения удельного пылевыведения и относительной газообильности для каждой схемы проветривания выемочного участка.

**Ключевые слова:** аэрологическая безопасность, проектирование вентиляции угольных шахт, аэрологический риск, обоснование аэрологической безопасности, количественная оценка риска, схема вентиляции выемочного участка, уязвимость схемы проветривания выемочного участка, принятие решений по снижению аэрологического риска, типовые схемы вентиляции выемочных участков угольных шахт, удельное пылевыведение, относительная газообильность.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-11-0-218-226

Обзор действующей нормативной базы аэрологического обеспечения горных работ для угольных шахт [1–5], проведенный сотрудниками кафедры «Безопасность и экология горного производства» горного института НИТУ «МИСиС» в рамках научно-исследовательской работы на тему «Разработка научно-обоснованных предложений по аэрологическому обеспечению очистных и проходческих забоев угольных шахт, расчету параметров и организации проветривания особо опасных по горно-геологическим условиям угольных шахт», показывает отсутствие расчетно-методологической базы, соответствующей горно-геологическим условиям разработки, и системного подхода к обеспечению аэрологической безопасности [6, 7].

Одним из основных элементов проектирования вентиляции угольных шахт является оценка аэрологических рисков. Для разработки обоснования аэрологической безопасности должно предшествовать определение принципиальных технических решений [8], принимаемых на основании моделирования аварийных ситуаций, анализа, оценки и прогноза аэрологического риска аварий. Необходимо решить следующие задачи:

- внести ссылки в нормативные правовые акты и нормативные документы, относящиеся к сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (раздел I «Технологический, строительный, энергетический надзор» П-01-01-2017) на Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016

№ 144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» [9];

- разработать методический документ по количественной оценке аэрологических рисков для обеспечения возможности объективной оценки степени опасности принимаемых вариантов схем вентиляции выемочных участков [10–13] при проектировании не только новых шахт, но и развития горных работ на действующих предприятиях;

- ввести в нормативные правовые акты и нормативные документы понятий «аэрологический риск аварий на выемочных участках — вероятностная мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварий, связанных с отклонением параметров шахтной атмосферы от их нормативных значений, установленная для схемы вентиляции выемочного участка определенной уязвимости», «уязвимость схемы проветривания выемочного участка — свойство вентиляционной системы выемочного участка терять способность к выполнению заданных функций в результате негативных воздействий опасных факторов»;

- внести дополнение в пункт 16 Нормативных требований по применению способов и схем проветривания угольных шахт (Приказ Ростехнадзора от 31.05.2011 № 262 [2] следующего содержания: изменение схем вентиляции выемочных участков сопровождается оценкой аэрологического риска аварий.

Методический документ по оценке и управлению аэрологическим риском аварий на выемочных участках угольных шахт предназначен для персонала угольных шахт, а также организаций, осуществляющих проектирование вентиляции. Документ устанавливает:

- систематическую организацию оценки аэрологического риска аварий для

действующих выемочных участков угольных шахт;

- порядок принятия решений по снижению аэрологического риска на выемочных участках угольных шахт в соответствии с установленной величиной коэффициента аэрологического риска;

- области применения типовых схем вентиляции выемочных участков угольных шахт при определенных факторах аэрологического риска аварий.

Приведем алгоритм оценки и управления аэрологическим риском:

- при проектировании вентиляции выбираются возможные варианты наиболее приемлемых схем проветривания выемочных участков. Устанавливаются показатели уязвимости схем проветривания. Устанавливается коэффициент уязвимости;

- устанавливается коэффициент опасности возникновения аварии, обусловленной фоновыми факторами. Для каждого из вариантов устанавливается степень аэрологического риска;

- устанавливаются максимальные значения удельного пылевыведения и относительной газообильности для каждого из вариантов схем проветривания выемочного участка;

- устанавливаются возможные варианты схем проветривания выемочных участков для конкретных фоновых факторов аэрологического риска при обязательном условии применения дегазации;

- предусматривается дифференциация мероприятий по предотвращению аварий в зависимости от степени аэрологического риска на выемочных участках угольных шахт;

- составляется прогноз аэрологического риска аварий;

- в результате прогноза аэрологического риска производится контроль ситуации, чтобы своевременно выявить тревожные симптомы возможных реализаций рисков.

Диапазоны изменения степени аэрологического риска назначены таким образом, чтобы была возможность практически увязать степень риска аварии с качественными характеристиками уровня безопасности горных работ, определяемыми горно-геологическими и горнотехническими условиями.

В области значений  $R_a \leq 0,15$  уровень аэрологической безопасности оценивается как нормальный. Система вентиляции удовлетворяет всем нормативным требованиям и дальнейшая работа выемочного участка возможна без проведе-

ния каких-либо технических или организационных мероприятий по повышению аэрологической безопасности.

В области значений риска  $0,15 < R_a \leq 0,3$  уровень безопасности оценивается как пониженный. Имеются те или иные отклонения параметров шахтной атмосферы от их нормативных значений. Дальнейшая безопасная эксплуатация выемочного участка в проектном режиме возможна при обязательном выполнении мероприятий по повышению уровня безопасности, конкретный перечень которых вытекает из анализа

Таблица 1

**Величина коэффициента аэрологического риска  $R_a$  для схемы проветривания № 1 при различных горно-геологических условиях**  
**Aerological risk coefficient  $R_a$  in case of ventilation configuration No. 1 under different geological conditions**

Удельное пылевыведение, г/т	Коэффициент аэрологического риска $R_a$				
	категория шахты				
	I	II	III	сверх-категорные	опасные по внезапным выбросам
до 50	0,048	0,088	0,168	0,208	0,248
50—100	0,064	0,104	0,184	0,224	0,264
100—150	0,08	0,12	0,2	0,24	0,28
150—250	0,088	0,128	0,208	0,248	0,288
250—400	0,096	0,136	0,216	0,256	0,296
400—700	0,104	0,144	0,224	0,264	0,304
700—1200	0,112	0,152	0,232	0,272	0,312
более 1200	0,12	0,16	0,24	0,28	0,32

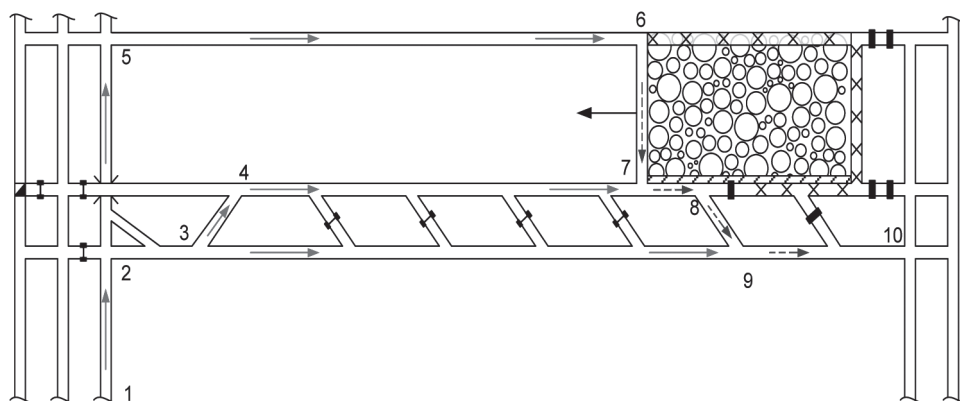


Рис. 1. Схема проветривания № 1

Fig. 1. Ventilation configuration No. 1

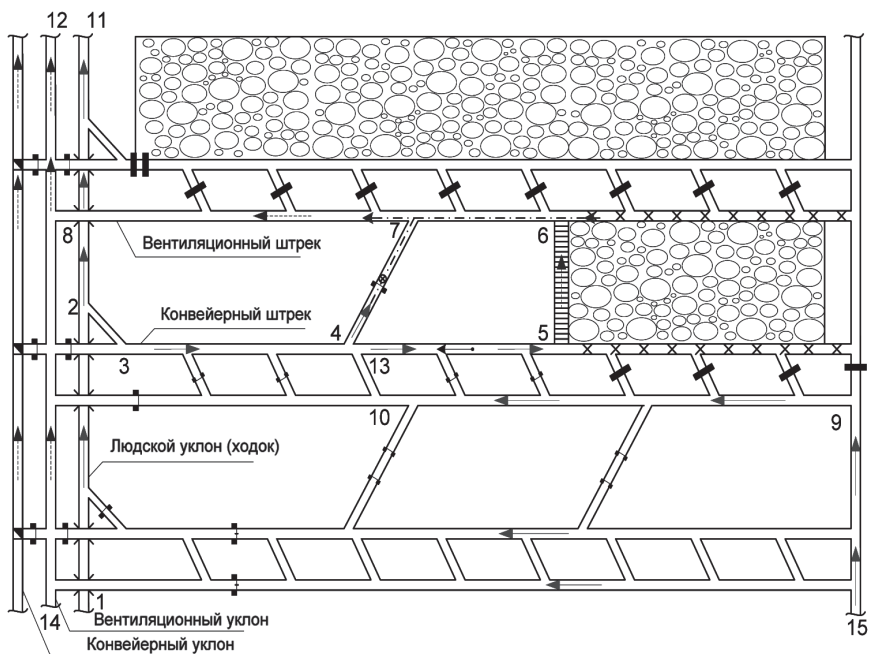


Рис. 2. Схема проветривания № 2

Fig. 2. Ventilation configuration No. 2

Таблица 2

**Величина коэффициента аэрологического риска  $R_a$  для схемы проветривания № 2 при различных горно-геологических условиях**

**Aerological risk coefficient  $R_a$  in case of ventilation configuration No. 2 under different geological conditions**

Удельное пылевыведение, г/т	Коэффициент аэрологического риска $R_a$				
	категория шахты				
	I	II	III	сверхкатегорные	опасные по внезапным выбросам
до 50	0,075	0,138	0,263	0,325	0,388
50–100	0,1	0,163	0,288	0,35	0,413
100–150	0,125	0,188	0,313	0,375	0,438
150–250	0,138	0,2	0,325	0,388	0,45
250–400	0,15	0,213	0,338	0,4	0,463
400–700	0,163	0,225	0,35	0,413	0,475
700–1200	0,175	0,238	0,363	0,425	0,488
более 1200	0,188	0,25	0,375	0,438	0,5

факторов, обуславливающих максимальные значения показателей опасности и уязвимости.

При большой степени аэрологического риска  $0,3 < R_a \leq 0,5$  имеются нарушения правил безопасной эксплуата-

ции выемочного участка, которые могут привести к возникновению аварийной ситуации. Дальнейшая работа выемочного участка недопустима без проведения технических и организационных мероприятий по снижению риска аварии

и восстановлению нормального уровня безопасности, на основе анализа факторов, обуславливающих максимальные значения показателей опасности и уязвимости (например, повышение эффективности предварительного увлажнения угольного пласта с использованием оптимальной концентрации смачивателя [14–15]; повышение эффективности пылеулавливания; применение пластовой дегазации и т.д.).

Значение аэрологического риска  $R_a > 0,5$  свидетельствует о возникновении

аварийной ситуации. Дальнейшая работа очистного забоя в проектом режиме по условиям аэрологического риска аварий недопустима. В этом случае необходимо информировать руководителей производства и в соответствии с полученным предписанием ввести ограничения по режиму угледобычи или изменения в вентиляционно-дегазационном режиме.

Мероприятия по восстановлению нормального уровня аэрологической безопасности должны выполняться на основании анализа факторов, обуславливаю-

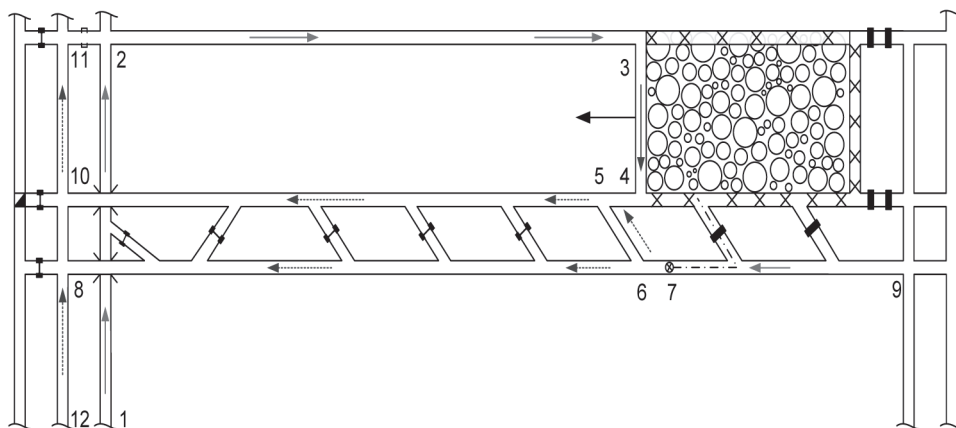


Рис. 3. Схема проветривания № 3

Fig. 3. Ventilation configuration No. 3

Таблица 3

**Величина коэффициента аэрологического риска  $R_a$  для схемы проветривания № 3 при различных горно-геологических условиях**

**Aerological risk coefficient  $R_a$  in case of ventilation configuration No. 3 under different geological conditions**

Удельное пылевыделение, г/т	Коэффициент аэрологического риска $R_a$				
	категория шахты				
	I	II	III	сверх-категорные	опасные по внезапным выбросам
до 50	0,09	0,165	0,315	0,39	0,465
50–100	0,12	0,195	0,345	0,42	0,495
100–150	0,15	0,225	0,375	0,45	0,525
150–250	0,165	0,24	0,39	0,465	0,54
250–400	0,18	0,255	0,405	0,48	0,555
400–700	0,195	0,27	0,42	0,495	0,57
700–1200	0,21	0,285	0,435	0,51	0,585
более 1200	0,225	0,3	0,45	0,525	0,6

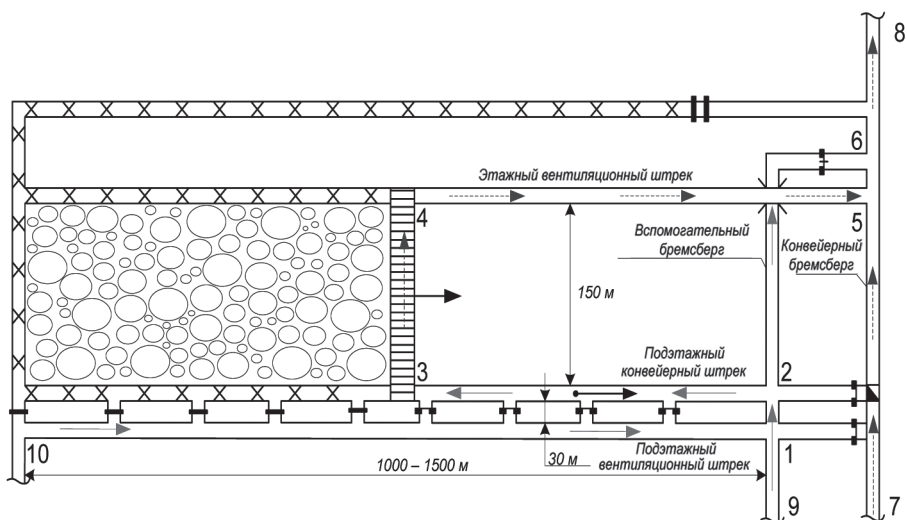


Рис. 4. Схема проветривания № 4

Fig. 4. Ventilation configuration No. 4

Таблица 4

**Величина коэффициента аэрологического риска  $R_a$  для схемы проветривания № 4 при различных горно-геологических условиях**

**Aerological risk coefficient  $R_a$  in case of ventilation configuration No. 4 under different geological conditions**

Удельное пылевыведение, г/т	Коэффициент аэрологического риска $R_a$				
	категория шахты				
	I	II	III	сверхкатегорные	опасные по внезапным выбросам
до 50	0,105	0,193	0,368	0,455	0,543
50–100	0,14	0,228	0,403	0,49	0,578
100–150	0,175	0,263	0,438	0,525	0,613
150–250	0,193	0,28	0,455	0,543	0,63
250–400	0,21	0,298	0,473	0,56	0,648
400–700	0,228	0,315	0,49	0,578	0,665
700–1200	0,245	0,333	0,508	0,595	0,683
более 1200	0,263	0,35	0,525	0,613	0,7

щих возникновение аварийной (чрезвычайной) ситуации.

Приведем типовые схемы проветривания выемочного участка (рис. 1–5) и коэффициенты аэрологического риска для каждой схемы при различных горно-геологических условиях (табл. 1–5).

Схемы проветривания с последовательным разбавлением вредностей по источникам поступления и возвратно-

точным движением свежей и исходящей струй воздуха являются наиболее уязвимыми. Схемы проветривания с полным разбавлением вредностей и прямоочным движением свежей и исходящей струй воздуха являются наименее уязвимыми и рекомендуются для применения на высокогазообильных угольных шахтах, разрабатывающих пласты, опасные по взрывам пыли.

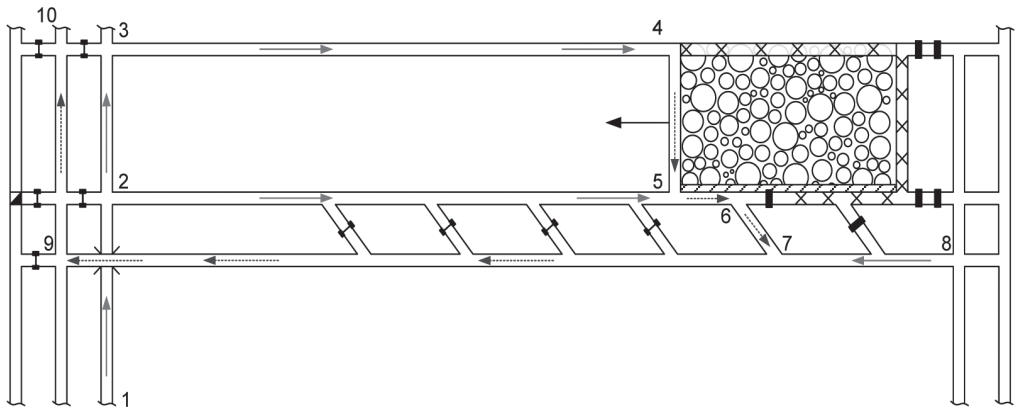


Рис. 5. Схема проветривания № 5  
Fig. 5. Ventilation configuration No. 5

Таблица 5

**Величина коэффициента аэрологического риска  $R_a$  для схемы проветривания № 5 при различных горно-геологических условиях**  
**Aerological risk coefficient  $R_a$  in case of ventilation configuration No. 5 under different geological conditions**

Удельное пылевыведение, г/т	Коэффициент аэрологического риска $R_a$				
	категория шахты				
	I	II	III	сверх-категорные	опасные по внезапным выбросам
До 50	0,018	0,033	0,063	0,078	0,093
50–100	0,024	0,039	0,069	0,084	0,099
100–150	0,03	0,045	0,075	0,09	0,105
150–250	0,033	0,048	0,078	0,093	0,108
250–400	0,036	0,051	0,081	0,096	0,111
400–700	0,039	0,054	0,084	0,099	0,114
700–1200	0,042	0,057	0,087	0,102	0,117
Более 1200	0,045	0,06	0,09	0,105	0,12

Таким образом, для каждого из принимаемых вариантов схем проветривания выемочных участков устанавливается степень аэрологического риска,

а также область применения схемы при определенных значениях удельного пылевыведения и относительной газообильности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по применению схем проветривания выемочных участков шахт с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок (с изменениями). Приказы Ростехнадзора от 01.12.2011 № 680 (зарегистрирован Минюстом России 29.12.2011, рег. № 22815).
2. Нормативные требования по применению способов и схем проветривания угольных шахт. Приказ Ростехнадзора от 31.05.2011 № 262 (зарегистрирован Минюстом России 13.07.2011, рег. № 21342).
3. Нормы технологического проектирования угольных и сланцевых шахт (ВНТП 1-86). Минуглепром СССР, 31.03.1986.

4. *Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт.* Минуглепром СССР, 15.08.1989.
5. *Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах».* Приказ Ростехнадзора от 19.11.2013 № 550 (зарегистрирован Минюстом России 31.12.2013, рег. № 30961).
6. *Каледина Н.О.* Нормативная база управления газовой выделением на угольных шахтах России // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № S1. — С. 100–106.
7. *Кобылкин С.С.* Системное проектирование вентиляции горных предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № S1. — С. 150–156.
8. *Приказ Ростехнадзора от 15.07.2013 № 306 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта».*
9. *Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».*
10. *L van den Berg, L van den Berg, Marx W. M., Thomson C.* Development and integration of ventilation simulation tools for colliery ventilation practice. 12th U.S. / North American Mine Ventilation Symposium 2008 — Wallace (ed) ISBN 978-0-615-20009-5.
11. *Craig R., Daniel Stinnette J.* Coal mine ventilation efficiency: a comparison of us coal mine ventilation systems Arch. Min. Sci., Vol. 35(2016), no 1, pp. 1–3.
12. *Xu G., Huang J., Nie B., Chalmers D., Yang Z.* Calibration of mine ventilation network models using the non-linear optimization algorithm, 2017.
13. *Moridi M. A., Sharifzadeh M. A., Kawamura Y. B., Jang H. D. A.* Tunnelling and Underground Space Technology, 2017.
14. *Скопинцева О.В.* Научное обоснование комплексного метода снижения пылевой и газовой опасностей в угольных шахтах. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. — М.: МГУ, 2012. — 379 с.
15. *Скопинцева О.В., Вертинский А.С., Иляхин С.В., Савельев Д.И., Прокопович А.Ю.* Обоснование рациональных параметров обеспыливающей обработки угольного массива в шахтах // Горный журнал. — 2014. — № 5. — С. 17–20. **ПЛАБ**

## КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

*Баловцев Сергей Владимирович* — кандидат технических наук, доцент, e-mail: Balovcev@yandex.ru, МГИ НИТУ «МИСиС».

---

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 11, pp. 218–226.

## Explosion safety procedure for working areas in coal mines

*Balovtsev S.V.*, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, e-mail: Balovcev@yandex.ru, Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

**Abstract.** The review of the current regulatory framework for aerological support of coal mines discloses the absence of estimation and methodology basis conformal with the geological conditions, as well as the lack of systemic approach to aerological security. One of the key elements of coal mine ventilation design is the aerological risk assessment. The procedure to estimate and control aerological risk of accidents in working areas of coal mines is meant for mine personnel and ventilation design executors. The article presents the principles of aerological risk assessment and management, ranges of aerological risk, standard ventilation configurations for working areas and the aerological risk coefficients for each configuration under different geological conditions. The maximum values of the specific dust release and relative gas emission are found for each ventilation configuration for working areas in coal mines.

**Key words:** aerological safety, coal mine ventilation design, aerological risk, aerological security evaluation, risk quantification, working area ventilation configuration, working area ventilation configuration insecurity, aerological risk reduction decision-making, standard ventilation configurations for coal mine working areas, specific dust release, relative gas emission.

---

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-11-0-218-226

## REFERENCES

1. *Instruktsiya po primeneniyu skhem provetrivaniya vyemochnykh uchastkov shakht s izolirovannym otvodom metana iz vyrabotannogo prostranstva s pomoshch'yu gazoosasyvayushchikh ustanovok (s izmeneniyami)*. Prikaz Rostekhnadzora ot 01.12.2011 No 680 (zaregistrirovann Minyustom Rossii 29.12.2011, reg. No 22815) [Guidelines on application of ventilation configurations in coal mine areas with isolated methane release from mined-out void using gas-suction plants (amended). Rosgortekhnadzor Order No. 680 dated Dec 1, 2011 (registered by the Ministry of Justice of Russia, reg. No. 22815 dated Dec 29, 2011)].
2. *Normativnye trebovaniya po primeneniyu sposobov i skhem provetrivaniya ugol'nykh shakht*. Prikaz Rostekhnadzora ot 31.05.2011 No 262 (zaregistrirovann Minyustom Rossii 13.07.2011, reg. No 21342) [Standards for application of ventilation methods and configurations in coal mines. Rosgortekhnadzor Order No. 262 dated May 31, 2011 (registered by the Ministry of Justice of Russia, reg. No. 21342 dated Jul 13, 2011)].
3. *Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya ugol'nykh i slantsevykh shakht (VNTP 1-86)* [Standards of coal and schist mine design (VNTP 1-86), USSR Ministry of Coal Mining Industry, March 31, 1986].
4. *Rukovodstvo po proektirovaniyu ventilyatsii ugol'nykh shakht* [Guidelines on coal mine ventilation design], USSR Ministry of Coal Mining Industry, August 15, 1989.
5. *Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Pravila bezopasnosti v ugol'nykh shakhtakh»*. Prikaz Rostekhnadzora ot 19.11.2013 No 550 (zaregistrirovann Minyustom Rossii 31.12.2013, reg. No 30961) [Federal Industrial Safety Code: Safety regulations for coal mines. Rosgortekhnadzor Order No. 550 dated November 19, 2013 (registered by the Ministry of Justice of Russia, reg. No. 30961 dated Dec 31, 2013)].
6. Kaledina N. O. Normativnaya baza upravleniya gazovydeleniem na ugol'nykh shakhtakh Rossii [Regulatory framework for gas emission control in coal mines in Russia]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2016, no S1, pp. 100–106.
7. Kobylkin S. S. Sistemnoe proektirovanie ventilyatsii gornykh predpriyatii [System engineering of mine ventilation], *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no S1, pp. 150–156.
8. Prikaz Rostekhnadzora ot 15.07.2013 № 306 «Ob utverzhdenii Federal'nykh norm i pravil v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Obshchie trebovaniya k obosnovaniyu bezopasnosti opasnogo proizvodstvennogo ob'ekta» [Approval of the Federal Industrial Safety Code: General requirements for safety evaluation at a hazardous production object. Rosgortekhnadzor Order No. 306 dated Jul 15, 2013].
9. Prikaz Rostekhnadzora ot 11.04.2016 № 144 «Ob utverzhdenii Rukovodstva po bezopasnosti «Metodicheskie osnovy po provedeniyu analiza opasnostey i otsenki riska avariya na opasnykh proizvodstvennykh ob'ektakh» [Approval of Safety Guides: Methodical framework for hazard analysis and accident risk assessment at dangerous production objects].
10. L van den Berg, L van den Berg, Marx W. M., Thomson C. Development and integration of ventilation simulation tools for colliery ventilation practice. *12th U.S. North American Mine Ventilation Symposium 2008* – Wallace (ed) ISBN 978-0-615-20009-5.
11. Craig R., Daniel Stinnette J. Coal mine ventilation efficiency: a comparison of us coal mine ventilation systems *Arch. Min. Sci.*, Vol. 35 (2016), no 1, pp. 1–3.
12. Xu G., Huang J., Nie B., Chalmers D., Yang Z. *Calibration of mine ventilation network models using the non-linear optimization algorithm*, 2017.
13. Moridi M. A., Sharifzadeh M. A., Kawamura Y. B., Jang H. D. A. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2017.
14. Skopintseva O. V. *Nauchnoe obosnovanie kompleksnogo metoda snizheniya pylevoy i gazovoy opasnostey v ugol'nykh shakhtakh* [Scientific substantiation of integrated method of dust and gas hazard reduction in coal mines], Doctor's thesis, Moscow, MGGU, 2012, 379 p.
15. Skopintseva O. V., Vertinskiy A. S., Ilyakhin S. V., Savel'ev D. I., Prokopovich A. Yu. Obosnovanie ratsional'nykh parametrov obespylivayushchey obrabotki ugol'nogo massiva v shakhtakh [Validation of rational design for in-mine dust arresting treatment of coal]. *Gornyy zhurnal*. 2014, no 5, pp. 17–20. [In Russ].

