

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕГАЗАЦИОННЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.А. Малашкина

НИТУ «МИСиС», Москва, Россия, e-mail: promecolodgy@mail.ru

Аннотация: В нормативном документе [21] указано, что дегазационные газопроводы могут быть собраны из стальных звеньев труб толщиной не менее 2,5 мм или из труб других материалов, допущенных к применению в подземных горных выработках. В настоящее время все чаще используются стеклопластиковые трубы, которые по многим техническим характеристикам превосходят стальные. Однако, их применение требует особого внимания, так как при их применении изменяется не только материал, но и режимы движения влажной метановоздушной смеси от скважин на поверхность. Изменяются давление в газопроводе, количество транспортируемой метановоздушной смеси, а также содержание в ней метана. Это влияет не только на эффективность процесса дегазации в целом, но и на изменяющиеся параметры подаваемой на поверхность метановоздушной смеси. Из-за роста разрежения в подземном газопроводе увеличиваются приточки воздуха из окружающей шахтной атмосферы, что негативно сказывается на количестве газовой смеси, в которой снижается содержание метана. Если имеет место полезное использование шахтного метана, то для того, чтобы сохранить стабильное его содержание в газовой смеси необходимо обязательно производить коррекцию режимов движения. Особое внимание нужно уделить системе подземных дегазационных трубопроводов, в которой используются только участки стеклопластиковые трубы.

Ключевые слова: дегазация, гидравлическое сопротивление, подземный вакуумный газопровод, метановоздушная смесь, стеклопластиковый трубопровод, герметичность, парниковый эффект, полезное использование шахтного метана, шероховатость внутренней поверхности труб.

Для цитирования: Малашкина В. А. Особенности проектирования и эксплуатации дегазационных газопроводов из различных материалов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 11. – С. 173–181. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_11_0_173.

Design and operation features of gas drainage pipelines made of different materials

V.A. Malashkina

National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia, e-mail: promecolodgy@mail.ru

Abstract: The regulatory document [21] says that gas drainage pipelines can be made of steel pipes with walls not less than 2.5 mm thick, or of pipes made of other materials adopted for the application in underground mines. Recently, glass fiber reinforced plastic pipes feature increasingly more frequent use as they have better technical characteristics than steel. The operation of gas drainage pipelines, subject to varying content and rate of wet methane-air mixture flow

from drainage boreholes to ground surface, calls for specific care. The varying characteristics are the pressure, volume and methane content of the methane–air mixture in the pipeline. These factors influence the whole gas drainage process efficiency and the variable parameters of the methane–air mixture fed to ground surface. The growing depression in the underground gas pipeline results in the higher air inleakage from mine air, which adversely affects the gas mixture as the methane content decreases in it. The beneficial use of mine methane needs that methane content in the gas–air mixture is stable, which needs obligatory adjustment of the mixture flow regimes. An emphasis should be laid on the underground gas drainage system made of GFRP pipes only.

Key words: gas drainage, wall friction, underground vacuum gas pipeline, methane–air mixture, glass reinforced plastic pipeline, air tightness, greenhouse effect, beneficial use of mine methane, pipe roughness.

For citation: Malashkina V. A. Design and operation features of gas drainage pipelines made of different materials. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(11):173-181. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_11_0_173.

Введение

Средняя глубина угольных шахт в настоящее время в России уже превысила 650 м, а на некоторых шахтах уже достигла отметки 800 м и более. Рост глубины разработки на угольных шахтах сопровождается увеличением количества метана, выделяющегося из угольных пластов, выработанного пространства и других источников [1].

Для обеспечения высокопроизводительного безостановочного производственного процесса [2, 3] и безопасности труда горнорабочих [4, 5] необходимо обеспечить поддержание содержания метана в подземной атмосфере в пределах установленных норм («Инструкция по дегазации угольных шахт»). В таких условиях вентиляция угольных шахт не обеспечивает допустимые нормы содержания метана в горных выработках [6]. Это приводит к росту взрывов метана и угольной пыли [7, 8], также к увеличению времени разгазирования горных выработок [9]. Обеспечение непрерывного технологического процесса, а также его интенсификация возможны только при эффективной дегазации источников метановыделения. В этих условиях

необходима высокая комплексная эффективность работы систем вентиляции и дегазации [10].

Поэтому необходимость проведения работ по дегазации угольных шахт обусловлена:

- требованиями ПБ («Инструкция по дегазации угольных шахт») для создания безопасных и комфортных условий труда горнорабочих;
- для уменьшения нагрузки на систему вентиляции [10];
- повсеместным применением высокопроизводительного добычного оборудования, и, следовательно, для роста экономических показателей угольного предприятия [11];
- расширением диапазона полезного использования шахтного метана [12].

Известно, что для полезного использования шахтного метана необходимо обеспечить заданный уровень содержания метана в газовой смеси, а также его стабильное количество [13].

Методы и результаты

В настоящее время контроль качества и эффективности дегазации проводится в основном двумя способами:

с помощью вакуумно-газовой съемки [14], а также путем контроля количества каптируемого метана на скважинах и на входе в вакуум-насосную станцию и последующего сравнения с проектными величинами коэффициента дегазации [15]. При высоком значении коэффициента дегазации, откачиваемая метановоздушная смесь может иметь низкое содержание метана на входе в вакуум-насосную станцию.

По результатам проведения вакуумно-газовой съемки определяются фактические приточки воздуха в подземный газопровод, а также в скважины, и рассчитывается резерв производительности всей системы дегазации.

Суммарное количество метана, извлекаемого из шахты, определяется по формуле

$$Q_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^k Q_{\text{ai}} + \sum_{i=1}^n Q_{\text{di}} + Q_{\text{r}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{общ}}$ — суммарное количество метана, извлекаемого на выемочных участках средствами вентиляции, дегазации и газоотсоса, м³/мин; Q_{di} — количество метана, каптируемого с помощью дегазации м³/мин; Q_{ai} — количество метана, извлекаемого системой вентиляции с i -го участка, м³/мин; Q_{r} — количество метана, извлекаемого газоотсасывающей установкой, м³/мин; n — число дегазируемых участков; k — число вентилируемых участков; i — индекс дегазируемого или вентилируемого участка.

В настоящее время для монтажа подземных дегазационных газопроводов очень часто используются звенья труб из композитных материалов. Так как существующая методика расчета конструктивных параметров сети газопроводов [16] не учитывает материал, из которого изготовлены звенья труб, то имеет место несоответствие расчетного гидродинамического режима движения метановоздушной смеси фактическому режиму. Это несоответствие приводит к тому, что

растет разрежение в устьях скважин, а также в газопроводной сети выше требуемого. Газоотдача скважин при этом не всегда повышается, а только увеличиваются приточки воздуха из окружающей шахтной атмосферы в вакуумный газопровод. И получается, что применение трубопроводов из композитных материалов, кроме эффекта облегчения монтажа и перемонтажа трубопроводов, не дает требуемого эффекта.

Для правильного расчета и выбора оптимальных гидродинамических режимов движения метановоздушной смеси по вакуумному газопроводу необходимо рассмотреть три варианта:

- дегазационный трубопровод полностью собран из композитных (стеклопластиковых) труб;
- дегазационный трубопровод имеет участки, собранные из стеклопластиковых труб;
- дегазационный трубопровод собран из стальных труб.

Основными особенностями транспортирования каптируемой метановоздушной смеси по подземному вакуумному газопроводу являются: движение газовой смеси в условиях вакуума, большая протяженность подземного газопровода, материал трубопровода, а также присутствие паров воды, пыли и наличие притечек воздуха через неплотности фланцевых соединений звеньев труб. Основной характеристикой материала трубопровода является шероховатость его внутренней поверхности, а, следовательно, изменяются и все характеристики движения влажной метановоздушной смеси по нему (рис. 1).

Известно, что шероховатость стальных труб изменяется в пределах: для новых 0,02–0,015 мм, для бывших в употреблении 0,2–4 мм, для стеклопластиковых 0,0001–0,00015 мм [16]. Влияние шероховатости труб на изменение давления в условиях одинаковой



Рис. 1. Основные особенности транспортирования метанооздушнй смеси по подземному вакуумному газопроводу

Fig. 1. The main features of transportation of methane-air mixture through an underground vacuum gas pipeline

структуры газопровода, то есть при одной и той же номенклатуре и количестве установленных местных сопротивлений, описывается формулой [4]

$$p_2 = \sqrt{p_1^2 - \frac{4,5 \cdot 10^{-4} Q_{dl}^2 \rho^2 R \lambda l T}{d^5}}, \quad (2)$$

где p_1 и p_2 – абсолютное давление влажной метанооздушнй смеси соответственно в начале и конце участка газопровода, Па; ρ – плотность влажной метанооздушнй смеси, кг/м³; R – газовая постоянная метанооздушнй смеси в начале участка; λ – коэффициент Дарси; l – длина участка, м; T – температура метанооздушнй смеси, К; d – внутренний диаметр участкового газопровода, м.

Изменение структуры газопровода, то есть количества местных сопротивлений, должно быть учтено отдельно.

Коэффициент Дарси определяется по формуле Альтшуля [15]

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta_3}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (3)$$

где Re – число Рейнольдса; Δ_3 – эквивалентная шероховатость, м.

Влияние шероховатости стенок труб на величину числа Рейнольдса приведено на рис. 2: при давлении в газопроводе 93 300 Па, диаметре трубы $d = 0,309$ м, температуре газовой смеси $T = 290$ К, длине газопровода $l = 980$ м и массовом расходе метана $Q_{mm} = 0,75$ кг/с. Для стеклопластиковых труб с низкой шерохо-

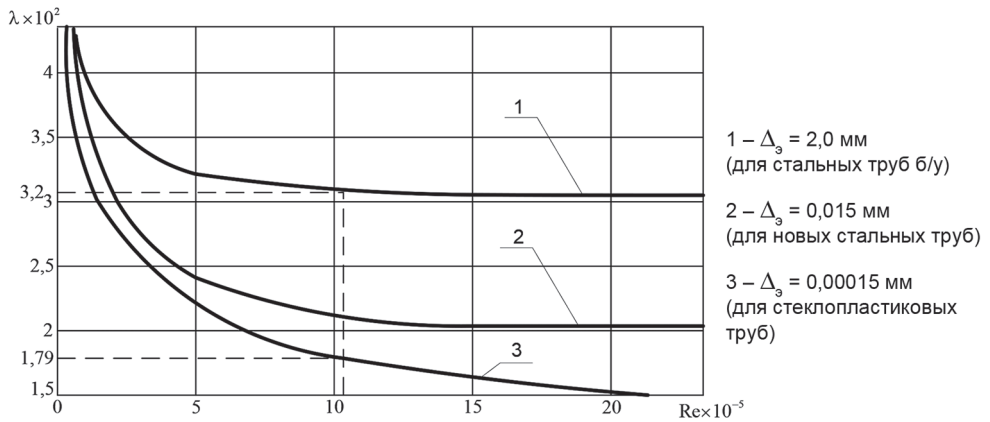


Рис. 2. График зависимости $\lambda = f(Re, \Delta_3)$

Fig. 2. Dependency graph $\lambda = f(Re, \Delta_3)$

ватостью изменение содержания метана в газовой смеси при увеличении притечек воздуха в вакуумный газопровод влияет на величину коэффициента Дарси больше, чем для бывших в употреблении труб. То есть можно сказать, что при снижении содержания метана в метановоздушной смеси значение коэффициента Дарси растет.

Например, при значении числа Рейнольдса 10^5 для стеклопластиковых труб значение коэффициента Дарси – 0,0179, а для стальных труб бывших в употреблении – 0,032, что еще раз подтверждает рост коэффициента Дарси в зави-

симости от величины шероховатости стенок труб (см. рис. 2). Этот момент непременно должен быть учтен при ведении расчетов рациональных гидродинамических режимов движения метановоздушной смеси по подземному газопроводу.

Изменение давления в начале и конце участкового газопровода характеризует его состояние, то есть пропускную способность и количество притечек воздуха из окружающей атмосферы. Из-за большой разницы давлений в начале и конце участка в устье самой дальней от вакуум-насосной станции скважины,

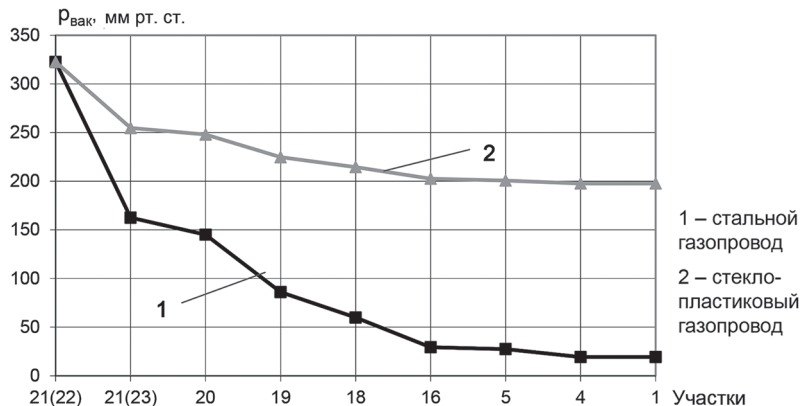


Рис. 3. График изменения величины вакуума по длине газопровода

Fig. 3. Graph of the change in the vacuum value along the length of the gas pipeline

Конструктивные параметры сети подземных дегазационных трубопроводов
Design parameters of the network of underground degassing pipelines

Наименование параметра	Узлы									Единицы измерений
	1-4	4-5	5-6	6-18	18-19	19-20	20-21	21-23	21-22	
Диаметр L_y (стальные трубы)	150				307					мм
Диаметр D_y (стеклопластиковые трубы)	154				315					мм
Длина участка	3000	3000	600	150	70	60	140	40	150	м

давление на практике либо значительно ниже расчетной величины, либо его нет вообще, что негативно сказывается на газоотдаче скважины. В этих случаях поступают следующим образом: заменяют участковый газопровод на стеклопластиковый или увеличивают количество вакуум-насосов. Первый вариант является предпочтительным с экономической точки зрения, так как увеличение количества насосов влечет повышенный расход электроэнергии. В этом случае необходимо правильно определить место перехода в общей трубопроводной сети от стальных газопроводов на стеклопластиковые.

При одной и той же величине разрежения в газопроводе у вакуум-насосной станции за счет существенного сниже-

ния величины коэффициента гидравлического сопротивления (коэффициента Дарси) в стеклопластиковых газопроводах будет наблюдаться рост разрежения в устье самой удаленной скважины (рис. 3). В то же время за счет роста разрежения будут расти приточки воздуха в газопровод (таблица), величина плотности метановоздушной смеси будет увеличиваться, при этом содержание метана в смеси будет падать (рис. 4), что является нежелательным для дальнейшего полезного использования шахтного метана [17, 18].

Так как величина изменения плотности метановоздушной смеси существенно влияет на потери давления, то для каптирования одной и той же величины объемного расхода требуется различное

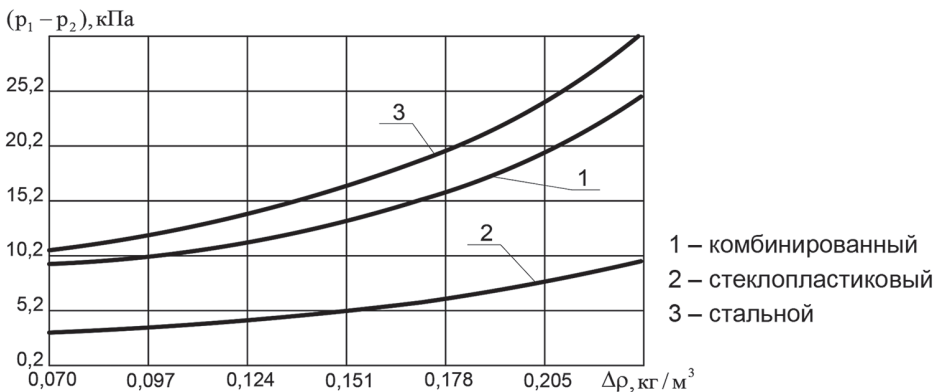


Рис. 4. Сравнение зависимостей величины потерь давления на участке вакуумного газопровода от изменения плотности метановоздушной смеси для различного материала трубопровода

Fig. 4. Comparison of the dependences of the magnitude of pressure losses in the vacuum gas pipeline section on changes in the density of the methane-air mixture for various pipeline materials

давление на конце участка трубопровода из различного материала. Диапазон рациональных режимов работы системы дегазации с помощью чисел Рейнольдса и Эйлера для стальных трубопроводов предложено определять для различных диаметров [15] трубопроводов. Рекомендаций по определению диапазона рациональных режимов транспортирования влажной метановоздушной смеси от скважин на поверхность для стеклопластиковых и комбинированных газопроводов в отечественной и зарубежной литературе не имеется и поэтому требуется уточнение этого вопроса с учетом дегазации угольных пластов на шахтах с высокопроизводительными забоями [16]. Решение этого вопроса позволит обеспечить метанобезопасность угольных шахт [19], а также расширить диапазон полезного использования каптируемого метана [20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пармузин П. Н.* Зарубежный и отечественный опыт освоения ресурсов метана угольных пластов. — Ухта: УГТУ, 2017. — 109 с.
2. *Забурдяев В. С.* Метанообильность высокопроизводительных выемочных участков // *Безопасность труда в промышленности.* — 2022. — № 6. — С. 14–19. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-6-14-19.
3. *Сластунов С. В., Ютяев Е. П., Мазаник Е. В., Садов А. П., Понизов А. П.* Обеспечение метанобезопасности шахт на основе глубокой дегазации угольных пластов при их подготовке к интенсивной разработке // *Уголь.* — 2019. — № 7. — С. 42–47. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-42-47.
4. *Малашкина В. А.* Мониторинг эффективности системы дегазации угольной шахты — основа безопасного труда горнорабочих // *Горный информационно-аналитический бюллетень.* — 2020. — № 6-1. — С. 38–45. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-38-45.
5. *Забурдяев В. С., Подображин С. Н.* Метановая травмоопасность на российских шахтах // *Безопасность труда в промышленности.* — 2021. — № 9. — С. 69–74. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-9-69-74.
6. *Şuvar M. C., Lupu C., Arad V., Cioclea D., Păsculescu V. M., Mija N.* Computerized simulation of mine ventilation networks for sustainable decision making process // *Environmental Engineering and Management Journal.* 2014, vol. 13, no. 6, pp. 1445–1451.
7. *Junjie Chen, Deguang Xu* Ventilation air methane of coal mines as the sustainable energy source // *American Journal of Mining and Metallurgy.* 2015, vol. 3, no. 1, pp. 1–8.
8. *Kędzior S., Dreger M.* Methane occurrence, emissions and hazards in the Upper Silesian Coal Basin, Poland // *International Journal of Coal Geology.* 2019, vol. 211, article 103226. DOI: 10.1016/j.coal.2019.103226.
9. *Рубан А. Д., Забурдяев В. С., Артемьев В. Б.* Особенности дегазации угольных пластов на шахтах с высокой производительностью очистных забоев // *Безопасность труда в промышленности.* — 2009. — № 9. — С. 16–18.

Заключение

Для того чтобы получить метановоздушную смесь у вакуум-насосной станции с минимальными притечками воздуха в газопровод и достаточным разрежением в устье удаленной скважины необходимо определить диапазон рациональных чисел Рейнольдса и Эйлера в зависимости не только от диаметра газопровода, но и от материала, из которого он изготовлен. Это позволит не только обеспечить стабильное содержание метана в газовой смеси, но и уменьшить притечки воздуха из окружающей атмосферы в газопровод. Произойдет автоматическое снижение расхода электроэнергии на транспортирование влажной метановоздушной смеси от скважин на поверхность с учетом шероховатости внутренней поверхности газопровода, то есть с различными типами материала подземного газопровода.

10. Каледина Н. О., Малашкина В. А. Индикаторная оценка надежности функционирования шахтных вентиляционно-дегазационных систем // Записки Горного института. — 2021. — Т. 250. — С. 553-561. DOI: 10.31897/PMI.2021.4.8.

11. Рубан А. Д., Забурдяев В. С., Артемьев В. Б., Логинов А. К. Опыт высокопроизводительной работы очистных забоев на метаноносных угольных пластах // Уголь. — 2009. — № 10. — С. 3–7.

12. Трубецкой К. Н., Гурьянов В. В. К вопросу о развитии промышленной добычи метана угольных месторождений и ее рентабельности // Уголь. — 2007. — № 1. — С. 55–58.

13. Малашкина В. А. Направления снижения эмиссии шахтного метана в атмосферу // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 10-1. — С. 137–145. DOI: 10.25018/0236_1493_101_0_137.

14. Карпов Е. Ф., Рязанов А. В. Автоматизация и контроль дегазационных систем. — М.: Недра, 1983. — 190 с.

15. Вострикова Н. А. Проблемы диагностики состояния дегазационных систем // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2001. — № 10. — С. 122–133.


16. Малашкина В. А. Направления повышения эффективности использования систем дегазации угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 6. — С. 206–214. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-206-214.

17. Su S., Beath A., Guo H., Mallett C. An assessment of mine methane mitigation and utilization technologies // Progress in Energy and Combustion Science. 2005, vol. 31, pp. 123–170.

18. Алабьев В. Р., Ашихмин В. Д., Плаксиенко О. В., Тишин Р. А. Перспективы промышленной добычи метана в условиях шахты им. В.М. Бажанова с использованием вертикальных скважин, пробуренных с поверхности // Записки Горного института. — 2020. — Т. 241. — С. 3–9. DOI: 10.31897/PMI.2020.1.3.

19. Пейч Л. М., Торрент Х. Г., Аньез Н. Ф., Эскобар Х.-М. М. Предотвращение распространения взрывов метана и пыли в угольных шахтах // Записки Горного института. — 2017. — Т. 225. — С. 307–312. DOI: 10.18454/PMI.2017.3.307.

20. Krings T., Gerilowski K., Buchwitz M., Hartmann J., Sachs T., Erzinger J., Burrows J., Bovensmann H. Quantification of methane emission rates from coal mine ventilation shafts using airborne remote sensing data // Atmospheric Measurement Techniques. 2013, vol. 6, pp. 151–166.

21. Инструкция по дегазации угольных шахт. Серия 05. Вып. 22. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2012. — 250 с. 

REFERENCES

1. Parmuzin P. N. *Zarubezhnyy i otechestvennyy opyt osvoeniya resursov metana ugol'nykh plastov* [Foreign and domestic experience in the development of coalbed methane resources], Ukhta, UGTU, 2017, 109 p.

2. Zaburdyayev V. S. Methanobility of high-performance excavation sites. *Occupational Safety in Industry*. 2022, no. 6, pp. 14–19. [In Russ]. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-6-14-19.

3. Slastunov S. V., Yutyaev E. P., Mazanik E. V., Sadov A. P., Ponizov A. P. Ensuring methane safety of mines based on deep degassing of coal seams during their preparation for intensive development. *Ugol'*. 2019, no. 7, pp. 42–47. [In Russ]. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-42-47.

4. Malashkina V. A. Monitoring the effectiveness of the coal mine degassing system — the basis for safe work of miners. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, no. 6-1, pp. 38–45. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-38-45.

5. Zaburdyayev V. S., Podobrazhin S. N. Methane injury hazard in Russian mines. *Occupational Safety in Industry*. 2021, no. 9, pp. 69–74. [In Russ]. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-9-69-74.

6. Şuvar M. C., Lupu C., Arad V., Cioclea D., Păsculescu V. M., Mija N. Computerized simulation of mine ventilation networks for sustainable decision making process. *Environmental Engineering and Management Journal*. 2014, vol. 13, no. 6, pp. 1445–1451.

7. Junjie Chen, Deguang Xu Ventilation air methane of coal mines as the sustainable energy source. *American Journal of Mining and Metallurgy*. 2015, vol. 3, no. 1, pp. 1–8.
8. Kędzior S., Dreger M. Methane occurrence, emissions and hazards in the Upper Silesian Coal Basin, Poland. *International Journal of Coal Geology*. 2019, vol. 211, article 103226. DOI: 10.1016/j.coal.2019.103226.
9. Ruban A. D., Ziburdaev B. C., Artemyev V. B. Features of coal bed degassing at mines with high productivity of treatment faces. *Occupational Safety in Industry*. 2009, no. 9, pp. 16–18. [In Russ].
10. Kaledina N. O., Malashkina V. A. Indicator assessment of the reliability of mine ventilation and degassing systems functioning. *Journal of Mining Institute*. 2021, vol. 250, pp. 553–561. [In Russ]. DOI: 10.31897/PMI.2021.4.8.
11. Ruban A. D., Ziburdaev B. C., Artemyev V. B., Loginov A. K. Experience of high-performance work of treatment faces on methane-bearing coal seams. *Ugol'*. 2009, no. 10, pp. 3–7. [In Russ].
12. Trubetsky K. N., Guryanov V. V. On the issue of the development of industrial methane production of coal deposits and its profitability. *Ugol'*. 2007, no. 1, pp. 55–58. [In Russ].
13. Malashkina V. A. Trends toward reduction of the mine methane emission in atmosphere. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021, no. 10-1, pp. 137–145. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_101_0_137.
14. Karpov E. F., Ryazanov A. V. *Avtomatizatsiya i kontrol' degazatsionnykh sistem* [Automation and control of degassing systems], Moscow, Nedra, 1983, 190 p.
15. Vostrikova N. A. Problems of diagnostics of the state of degassing systems. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2001, no. 10, pp. 122–133. [In Russ].
16. 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. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-206-214.
17. Su S., Beath A., Guo H., Mallett C. An assessment of mine methane mitigation and utilization technologies. *Progress in Energy and Combustion Science*. 2005, vol. 31, pp. 123–170.
18. Alabyev V. R., Ashihmin V. D., Plaksienko O. V., Tishin R. A. Prospects for industrial methane production in the mine n.a. V.M. Bazhanov using vertical surface wells. *Journal of Mining Institute*. 2020, vol. 241, pp. 3–9. [In Russ]. DOI: 10.31897/PMI.2020.1.3.
19. Peych L. M., Torrent Kh. G., An'ez N. F., Eskobar Kh.-M. M. Prevention and protection against propagation of explosions in underground coal mines. *Journal of Mining Institute*. 2017, vol. 225, pp. 307–312. [In Russ]. DOI: 10.18454/PMI.2017.3.307.
20. Krings T., Gerilowski K., Buchwitz M., Hartmann J., Sachs T., Erzinger J., Burrows J., Bovensmann H. Quantification of methane emission rates from coal mine ventilation shafts using airborne remote sensing data. *Atmospheric Measurement Techniques*. 2013, vol. 6, pp. 151–166.
21. *Instruktsiya po degazatsii ugol'nykh shakht. Seriya 05. Vyp. 22* [Coal mine gas drainage guide. Series 05. Issue 22], Moscow, ZAO NTTs PB, 2012, 250 p. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Малашкина Валентина Александровна¹ – д-р техн. наук, профессор, НИТУ «МИСиС», e-mail: promecology@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9270-4790.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

V.A. Malashkina, Dr. Sci. (Eng.), Professor, National University of Science and Technology «MISIS», 119049, Moscow, Russia, e-mail: promecology@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9270-4790.

Получена редакцией 01.07.2022; получена после рецензии 15.09.2022; принята к печати 10.10.2022.
Received by the editors 01.07.2022; received after the review 15.09.2022; accepted for printing 10.10.2022.