

УДК 622.411, 322.004:831.325 © С.М. Никитенко¹, Ю.В. Малахов^{1,2}, С.А. Кизилов¹, Д.Ю. Худоногов¹, 2024

UDC 622.411, 322.004:831.325 © S.M. Nikitenko¹, Yu.V. Malakhov^{1,2}, S.A. Kizilov¹, D.Yu. Khudonogov¹, 2024

¹ ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ УУХ СО РАН), 650065, г. Кемерово, Россия

¹ Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, 650065, Russian Federation

² Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова, 111020, г. Москва, Россия
✉ e-mail: nsm.nis@mail.ru

² Institute of problems of comprehensive exploitation of mineral resources them academician N.V. Melnikov Russian Academy of Sciences, Moscow, 111020, Russian Federation
✉ e-mail: nsm.nis@mail.ru

Быстровозводимая крепь для горноспасателей*

Quickly erect support for mining rescue team

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-115-96-101>

НИКИТЕНКО С.М.

Доктор экон. наук, доцент,
главный научный сотрудник
лаборатории угольного машиноведения,
ФГБНУ «Федеральный исследовательский
центр угля и углехимии
Сибирского отделения
Российской академии наук»,
650065, г. Кемерово, Россия,
e-mail: nsm.nis@mail.ru

МАЛАХОВ Ю.В.

Канд. техн. наук, ведущий инженер
лаборатории угольного машиноведения
Института угля, ФГБНУ «Федеральный
исследовательский центр угля и углехимии
Сибирского отделения
Российской академии наук»,
650065, г. Кемерово, Россия,
старший научный сотрудник,
лаборатории геотехнологических рисков
при освоении газоносных угольных
и рудных месторождений Института
проблем комплексного освоения недр
им. академика Н.В. Мельникова,
111020, г. Москва, Россия,
e-mail: yv.malakhov@mail.ru

В статье изложены результаты исследований, направленные на повышение эффективности аварийно-спасательных работ в шахтах, которые основаны на положениях концепции единой системы спасения пострадавших, базирующейся на научно обоснованных принципах сокращения длительности периода нахождения пострадавших на аварийных участках без квалифицированной помощи. Авторы приводят обзор конструкций различных устройств для облегчения разборки завалов в подземных горных выработках. В качестве технического устройства, обеспечивающего эффективную защиту горноспасателей от обрушения кровли при разборе завалов в горной выработке авторами предложено использовать быстровозводимую крепь (БВК) в механическом и гидравлическом исполнении. На основе результатов физического моделирования будущего образца устройства, математических расчетов и лабораторных испытаний авторами сделан вывод, что применение быстровозводимой мобильной крепи при разборе завалов снижает риск обрушения пород кровли, обеспечивается безопасное рабочее пространство для бойцов военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ).

Ключевые слова: крепь механическая, аварийно-спасательные работы, завалы в подземных горных выработках, защита горноспасателей.

Для цитирования: Быстровозводимая крепь для горноспасателей / С.М. Никитенко, Ю.В. Малахов, С.А. Кизилов и др. // Уголь. 2024;(115): 96-101. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-115-96-101.

Abstract

The article presents the results of research aimed at increasing the efficiency of emergency rescue operations in mines, which are based on the provisions of the concept of a unified system for rescuing victims, based on scientifically substantiated principles of reducing the duration of the period of stay of victims in emergency areas without qualified assistance. The authors provide an overview of the designs of various devices to facilitate the removal of rubble in underground mine workings. The authors propose using a quickly erected support (QES) in mechanical and hydraulic versions as a technical device that

* Статья подготовлена при финансовой поддержке Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2022-1190).

ensures effective protection of mine rescuers from roof collapse when removing rubble in a mine working. Based on the results of physical modeling of the future sample of the device, mathematical calculations and laboratory tests, the authors conclude that the use of a quickly erected mobile support when removing rubble reduces the risk of roof collapse and provides a safe working space for the fighters of the militarized mine rescue units (MRU).

Keywords

Collapses in underground mine workings, emergency rescue operations, mechanical support, protection of mine rescuers.

Acknowledgements

The article was prepared with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (Agreement No. 075-15-2022-1190).

For citation

Nikitenko S.M., Malakhov Yu.V., Kizilov S.A., Khudonogov D.Yu. Quickly erect support for mining rescue team. *Ugol'*. 2024;(115):96-101. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-115-96-101.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на очевидный прогресс в технологиях добычи угля за последнее столетие, на шахтах произошло много аварий, сопровождавшихся смертельными случаями [1, 2]. Внезапные выбросы и взрывы метана или угольной пыли являются наиболее распространенными причинами высокого уровня смертности при авариях в угольной промышленности [3, 4, 5, 6].

Ежегодно во всем мире на шахтах происходит большое количество несчастных случаев со смертельным исходом. За последнее десятилетие прошлого века в США в результате несчастных случаев на шахтах погибло около 100 человек [7]. На долю Китая, где добывается около 35% мирового объема угля, приходится около 80% смертельных исходов при добыче угля [8]. По данным Министерства угольной промышленности Китая, только в 2017 г. на местных шахтах произошло 219 несчастных случаев и 375 смертей. При этом смертность на 1 млн т снизилась на 30 случаев и на 151 человека – на 12% и 28,7% соответственно [9].

В России в период с 2010 по 2020 г. удельный показатель смертельного травматизма при подземной добыче угля снизился с 1,35 до 0,14 чел./млн т. Однако систематически происходят крупные аварии с многочисленными жертвами, что нарушает общую тенденцию снижения уровня травматизма и требует повышения степени противоаварийной защиты угольных шахт [10].

Анализ аварийности угольных шахт и разрезов России за период с 2017 по 2021 г. говорит, что основные причины аварий – разрушение технических устройств, горный удар, прорыв глины, взрыв при буровзрывных работах, взрыв метановоздушной смеси, пожары [11]. Заслуженный спасатель России Александр Гофштейн заявил: «Завал – субстанция движущаяся, непостоянная и очень опасная. И этот проход надо будет крепить. В таком проходе не могут одновременно находиться, может быть, даже два человека» [12].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе работы авторы применили методы аналитического исследования, физического моделирования будущего образца устройства, реализованные в его конструкции; математические расчеты на конструктивность; натурный эксперимент в форме лабораторных испытаний.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Организация и выполнение горноспасательных работ зависят от места обрушения пород. В лавах на пологих пластах должна быть предва-

КИЗИЛОВ С.А.

Канд. техн. наук, научный сотрудник
лаборатории перспективных
методов управления
горнотехническими системами,
ФГБНУ «Федеральный исследовательский
центр угля и углехимии
Сибирского отделения
Российской академии наук»,
650065, г. Кемерово, Россия

ХУДОНОГОВ Д.Ю.

Научный сотрудник
лаборатории перспективных методов
управления горнотехническими
системами Института угля,
ФГБНУ «Федеральный исследовательский
центр угля и углехимии
Сибирского отделения
Российской академии наук»,
650065, г. Кемерово, Россия



**НОЦ
КУЗБАСС –
ДОНБАСС**

Научно-образовательный
центр «Кузбасс – Донбасс»

рительно усилена крепь выше и ниже зоны обрушения путем установки дополнительных рам, костров. Для подхода к пострадавшим обрушенные породы убирают, проходят присечки по углю со стороны очистного забоя, тщательно крепят обнажаемую при этом кровлю. При неустойчивой кровле, не позволяющей проходить присечку, проходят печь, из которой в сторону места обрушения ведут поисковые печи.

При завалах в подготовительных выработках перед началом восстановительных работ подразделениям ВГСЧ рекомендуется усилить крепь выработки в районе примыкания к месту обрушения. При неустойчивых породах кровли восстановительные работы следует вести с применением забивной крепи. Выбор способа проведения или восстановления выработки зависит от того, какой из них обеспечивает наибольшую скорость подхода к пострадавшим [13].

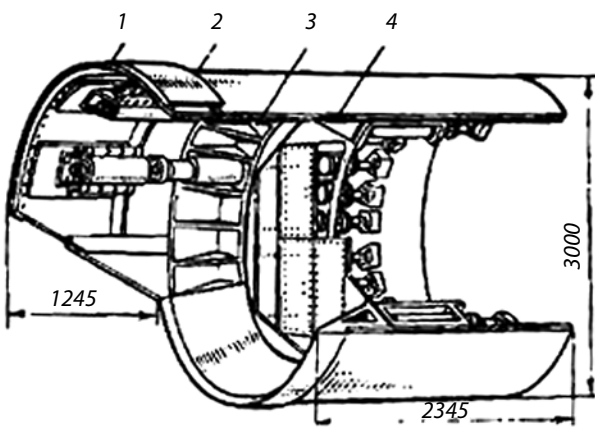


Рис. 1. Общий вид щита диаметром 3 м: 1 – направляющее кольцо; 2 – двухслойная оболочка; 3 – ножевая часть; 4 – опорное кольцо

Fig. 1. A general view of the heading machine with the diameter of 3 m: 1 – guide ring; 2 – double-layer shell; 3 – cutter; 4 – support ring

Для облегчения разборки завалов, перемещения тяжестей по вертикальным и наклонным выработкам горноспасательными частями используется механическое приспособление – универсальный горный домкрат [14]. В отечественной практике для ускорения и облегчения горноспасательных работ в Министерстве угольной промышленности СССР разрабатывались конструкции облегченных щитов для быстрой проходки завалов [15] и легких буросбоек машин для проходки печей диаметром 0,5 м.

Щит диаметром 3 м (рис. 1), впервые примененный в Советском Союзе и предназначенный в основном, для строительства тоннелей коммунального хозяйства, представляет собой сборную из литых элементов конструкцию с двухслойной оболочкой 2, перекрывающей щит на всю его длину.

При конструировании щитов малых диаметров была предусмотрена заводская сборка. Щит массой 19 т должен был опускаться через ствол шахты в собранном виде. Щит диаметром 2,6 м (рис. 2), в отличие от ранее рассмотренного, представляет цельносварную конструкцию.

Общая масса щита (с домкратами) – около 14 т. Щит должен перевозиться и опускаться в ствол шахты в собранном виде. Крупногабаритная цельносварная конструкция щитов не обладала возможностью оперативной доставки и сборки их на месте завала, что и не позволило им найти широкое применение.

Коллектив авторов [16] в 2017 г. сформулировал основные требования к созданию высокоэффективного горноспасательного оборудования (устройства). В том числе оно должно:

- быть многофункциональным для выполнения всех операций, связанных с селективной разборкой завала;
- быть выполнено на принципе агрегатирования унифицированных узлов и механизмов;
- управляться на первом этапе с переносного пульта управления; на втором этапе – дистанционно с автоматизированной системой и с элементами роботизации отдельных модулей;

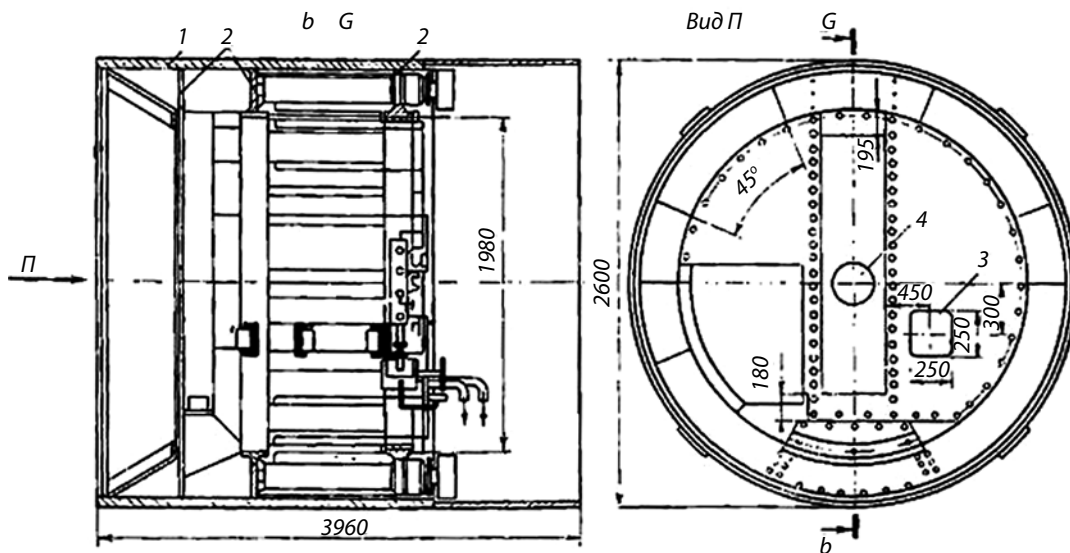


Рис. 2. Конструкция щита диаметром 2,6 м

Fig. 2. Design of the heading machine with the diameter of 2,6 m

- быть мобильным и иметь монтажные отверстия и петли для быстрой погрузки, разгрузки автокранами;
- обеспечивать дробление больших кусков породы, выгрузку и транспортировку горной массы из зоны обрушения, рубку и резку металлокрепей, рельсов, кабеля и других материалов и оборудования, удаление отдельных элементов из завала.

Впервые в 2018 г. для повышения эффективности аварийно-спасательных работ в шахтах была сформулирована концепция единой системы спасения пострадавших, базирующаяся на научно обоснованных принципах сокращения длительности периода нахождения пострадавших без квалифицированной медицинской помощи, путем внедрения инновационных технических решений в области горноспасательных работ [17].

В качестве технического устройства, обеспечивающего защиту горноспасателей от обрушения кровли при разборе завалов в горной выработке, в [16] было предложено использовать гидрофицированную крепь шагающего типа [18], разработанную в Институте угля ФИЦ УУХ СО РАН.

ГИДРОФИЦИРОВАННЫЙ ВАРИАНТ БВК

Применение гидрофицированного варианта БВК шагающего типа (рис. 3) обусловлено возможностью подключения к стационарному источнику энергии или к передвижной (мобильной) дизельной электростанции (гидравлической насосной станции) в отдаленных и труднодоступных местах подземных горных выработок. БВК создает опережающую временную поддержку пород кровли за счет попеременного циклического шагания двухсекционной конструкции крепи и поочередного восприятия горного давления от массива пород кровли ее секциями, что обеспечивает ограждение и защиту рабочего пространства от проникновения обрушающихся пород кровли.

В предлагаемом варианте крепи авторами [18] заложены специальные технические функции, которые способствуют повышению ее эксплуатационных возможностей при использовании в сложных горно-геологических условиях, что в совокупности обеспечивает создание безопасного рабочего пространства для людей и оборудования под перекрытием крепи.

МЕХАНИЧЕСКИЙ ВАРИАНТ КРЕПИ

Учитывая, что на аварийном участке шахты доставка источника гидравлической энергии может быть затруднена или невозможна, с учетом основных требований к созданию высокоэффективного горноспасательного оборудования, а также концепции единой системы спасения пострадавших специалисты Института угля ФИЦ УУХ СО РАН совместно с сотрудниками Филиала «Кемровский ВГСО» ФГУП «ВГСЧ» разработали крепь механическую шагающую быстровозводимую (БВМК), которая обеспечивает безопасные условия работы горноспасателей в горизонтальных и наклонных горных выработках при разборе завала, создавая безопасное рабочее пространство (рис. 4).

БВМК также состоит из двух секций, взаимосвязанных друг с другом. Каждая секция оборудована продольными опорными и поперечными балками, жестко закрепленными

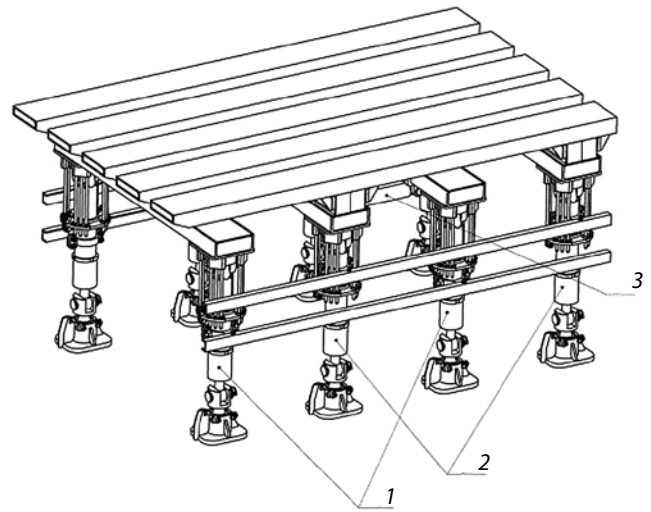


Рис. 3. Конструкция БВК: 1 – передовая секция крепи; 2 – отстающая секция крепи; 3 – гидравлическая стойка

Fig. 3. Design of the quick-mounting mine support: 1 – advanced support unit; 2 – lagging support unit; 3 – hydraulic prop

ми друг к другу. Секции опираются через опоры на почву горной выработки. Механические стойки каждой рамы соединены между собой продольными связями и через диагональные связи – с поперечными балками.

БВМК – разборная и изготавливается из легких профилей проката, вес каждого элемента – не более 20 кг (предполагается доставка к месту монтажа крепи элементов вручную); крепь укомплектована бесприводным устройством для откатки горной массы (на рис. 4 не показано), а также шахтной системой аварийной связи.

Отличительные особенности БВМК:

- наличие диагональных связей механической стойки и поперечных балок, что обеспечивает устойчивость крепи в продольном и поперечном направлении от вывала кусков горной массы до 20-30 т;
- перекрытие из продольных балок выполнено с минимальным зазором, что обеспечивает защиту от просыпки горной массы фракцией до 50 мм;
- для подъема секций и их передвижки использованы механические ручные домкраты, что делает крепь автономной от наличия энергии;
- оси передовой и отстающей секций смежны для удобства управления подъемом и передвижкой секций.

В комплект БВМК входят устройство откатки породы и система аварийной связи. Устройство для откатки включает в себя ковш для погрузки породы в конвейер, а также может быть оснащено пневмо-гидромолотом для дробления крупногабаритных кусков породы. Ковши входят в работу в зоне вывала у почвы выработки, которые после наполнения по специальным направляющим переходят к конвейеру и разгружают (на рисунках не показано). Более подробно с работой модуля откатки можно познакомиться в описанном авторами изобретении [19].

Система аварийной связи призвана обеспечить бесперебойный, двунаправленный канал связи между горноспасателями в шахте и координатором на поверхности.

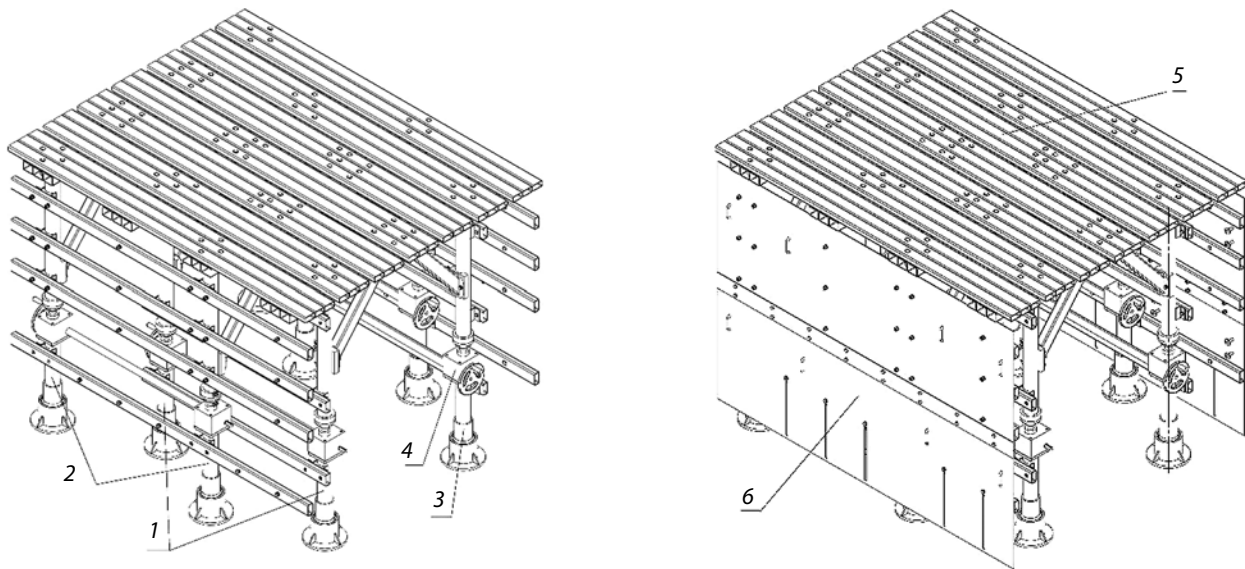


Рис. 4. Конструкция БВМК: а – боковое ограждение условно не показано, б – с боковым ограждением: 1 – передовая секция крепи; 2 – отстающая секция крепи; 3 – механическая стойка; 4 – домкрат механический; 5 – перекрытие; 6 – боковое ограждение
 Fig. 4. Design of the quick-mounting powered mine support: (a) the side guardrail is not shown for convenience, (b) with the side guardrail: 1 – advanced support unit; 2 – lagging support unit; 3 – hydraulic prop; 4 – mechanical jack; 5 – overlap; 6 – side guardrail

Предлагаемый авторами вариант аварийной связи состоит из ретрансляторов беспроводной цифровой связи (например, Wi-Fi), которые последовательно соединены несколькими проводами в общей оболочке, каждый ретранслятор создает вокруг себя зону покрытия цифровой радиосвязью в радиусе 10–20 м, при этом зоны покрытия соседних ретрансляторов пересекаются.

Для создания двусторонней связи между горноспасателями и координатором при проведении горноспасательных работ кабель, намотанный на катушку, разматывается по мере продвижения в подземную выработку. Объединенные кабелем ретрансляторы беспроводной цифровой связи создают постоянную локальную сеть беспроводного цифрового сигнала вокруг себя, обеспечивающую устройствам связи горноспасателей в шахте возможность двунаправленной беспроводной цифровой связи с координатором на поверхности. В качестве носимого устройства связи (в случае использования Wi-Fi для создания беспроводной цифровой связи) может быть использован смартфон во взрывозащищенном исполнении, на который установлено специализированное программное обеспечение.

Следует отметить, что инциденты и аварии на добывающих предприятиях носят территориальный характер независимо от принадлежности предприятий к той или иной угольной компании. С точки зрения оперативного воздействия на аварийный случай с целью максимального сокращения длительности периода нахождения пострадавших на аварийных участках без квалифицированной помощи, авторы считают необходимым обеспечить угольные предприятия комплектами недорогих механических быстровозводимых крепей, в том числе в сотрудничестве с органами местного самоуправления [20, 21] и территориальными подразделениями военизированных горноспасательных частей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение БВК и БВМК при разборе завалов обеспечивает постоянную поддержку кровли, что снижает риск ее обрушения, создавая тем самым безопасное рабочее пространство для горноспасателей. При этом в процессе ликвидации последствий аварий могут быть обеспечены откатка породы и бесперебойная связь посредством двунаправленного канала между горноспасателями в шахте и координатором работ на поверхности. БВК и БВМК могут использоваться при проходке специальных горных выработок для спасения заблокированных горнорабочих, а также для восстановления основной кровли горных выработок.

Список литературы • References

1. Gates R.A., Phillips R.L., Urosek J.E., Stephan C.R., Stoltz R.T., Harris G.W., Dresch R.A. Report of Investigation: Fatal Underground Coal Mine Explosion, 1st ed., United States Mine Safety and Health Administration, Tallmansville, VA, USA, 2007, pp. 1-612.
2. McMahon G.W., Britt J.R., O'Daniel J.L., Davis L.K., Walker R.E. CFD Study and Structural Analysis of the Sago Mine Accident, 1st ed., U.S. Mine Safety Health Administration: Pittsburgh, PA, USA, 2007, pp. 1-138.
3. McPherson M.J. Subsurface Ventilation Engineering, 1st ed., University of California, Berkeley, CA, USA, 1933, pp. 1-834.
4. Wang L., Cheng Y.P., Liu H.Y. An analysis of fatal gas accidents in Chinese coal mines. *Saf. Sci.* 2014;(62):107-113.
5. Yin W., Fu G., Yang C., Jiang Z., Zhu K., Gao Y. Fatal gas explosion accidents on Chinese coal mines and the characteristics of unsafe behaviours: 2000-2014. *Saf. Sci.* 2017;(92):173-179.
6. Cheng L., Ge Z., Chen J., Ding H., Zou L., Li K. A sequential approach for integrated coal and gas mining of closely-spaced outburst coal seams: Results from a case study including mine safety improvements and greenhouse gas reductions. *Energies* 2018;(11):3023.

7. Historical Data on Mine Disasters in the United States. United States Department of Labor. Washington, D.C., 2000.
8. Honkeiko Colliery Mining Disaster. London, Encyclopedia Britannica, 2009. Available at: www.britannica.com/EBchecked/topic/1503377/Honkeiko-colliery-mining-disaster.
9. Xiamen network. A total of 219 accidents and 375 deaths occurred in coal mines nationwide in 2017. 2018. <http://news.xmnn.cn/xmnn/2018/01/30/100314668.shtml>.
10. Кабанов Е.И. Анализ риска аварий на угольных шахтах с учетом человеческого фактора // Горный журнал. 2023. № 9. С. 48-54. Kabanov E.I. Risk analysis accidents in coal mines taking into account the human factor. *Gornyj zhurnal*. 2023;(9):48-54. (In Russ.).
11. Гончарова Э.А., Тимофеева С.С. Анализ аварийности и травматизма на угольных разрезах и шахтах России. В сборнике: Техносферная безопасность в XXI веке / Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции магистрантов, аспирантов и молодых ученых. 2023. С. 41-48.
12. Медиагруппа «Звезда». URL: https://tvzvezda.ru/news/2024_3221641-poEUo.html (дата обращения: 15.10.2024).
13. CoalGuide. Available at: <https://coalguide.ru/podzemnye-pozhary-i-gornospasatelnoe-delo/408-dejstviya-podrazdeleniivgsch-pri-osnovnykh-avariyakh/> (accessed 15.10.2024)
14. Горноспасательное дело. URL: <http://www.gornospass.ru/domkrat.html> (дата обращения: 15.10. 2024).
15. Храпов В.Г. Тоннели и метрополитены / В.П. Волков, С.Н. Наумов, А.Н. Пирожкова и др. Транспорт. М.: 1975.
16. Обоснование разработки мобильного многофункционального горноспасательного комплекса с элементами роботизации для ликвидации последствий аварий в горных выработках шахт и рудников / А.С. Ярош, В.И. Бунин, Ю.В. Малахов и др. // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2017. № 3. Yarosh A.S., Bunin V.I., Malakhov Yu.V., Popov V.B., Golik A.S., Cherepov A.A. Justification for the development of a mobile multifunctional mine rescue complex with robotic elements for the elimination of consequences of accidents in mine workings and pits. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti*. 2017;(3). (In Russ.).
17. Концепция единой системы спасения шахтеров при авариях и катастрофах в шахтах / А.С. Голик, И.К. Галеев, А.С. Ярош и др. // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2018. № 2. Golik A.S., Galeev I.K., Yarosh A.S., Popov V.B., Mullov A.B. The concept of a unified system for rescuing miners in accidents and disasters in mines. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti*. 2018;(2). (In Russ.).
18. Клишин В.И., Малахов Ю.В., Разработка и обоснование параметров многофункциональной шагающей крепи // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: научный журнал СибГИУ. 2019. № 5. С. 125-131. Klishin V.I., Malakhov Yu.V., Development and justification of the parameters of a multifunctional walking support. *Nauchnyy Zhurnal SibGIU*. 2019;(5):125-131. (In Russ.).
19. Патент № 2794689 Российская Федерация, МПК В02С 19/16 (2006.01), В02С 17/00 (2006.01). Способ открыто-подземной разработки пологого угольного пласта и шагающая крепь для его осуществления: № 2023101683: заявл. 26.01.2023: опубл. 24.04.2023 / Клишин В.И., Анферов Б.А., Кузнецова Л.В., Никитенко С.М., Борисов И.Л.; заявитель ФИЦ УУХ СО РАН. 4 с.: ил. ФИПС. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet (дата обращения: 15.10.2024).
20. Никитенко С.М., Гоосен Е.В. Государственно-частное партнерство в недропользовании: новые возможности для ТЭК России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2017. № 1. С. 27-32. Nikitenko S.M., Goosen E.V. Public-private partnership in subsoil use: new opportunities for the Russian fuel and energy complex. *Mineral resources of Russia. Economy and management*. 2017;(1):27-32. (In Russ.).
21. Никитенко С.М., Патракова Л.П., Гоосен Е.В. Реализация совместных инновационных проектов бизнеса и местной власти как фактор устойчивого экономического развития муниципально-образовательного образования // Региональная экономика: теория и практика. 2009. № 24. С. 17-26. Nikitenko S.M., Patrakova L.P., Goosen E.V. Implementation of joint innovative projects of business and local authorities as a factor in sustainable economic development of a municipality. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika*. 2009;(24):17-26. (In Russ.).

Authors Information

Nikitenko S.M. – Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Coal Engineering, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, 650065, Russian Federation, e-mail: nsm.nis@mail.ru

Malakhov Yu.V. – PhD (Engineering), Lead Engineer, Laboratory of Coal Engineering Science, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, 650065, Russian Federation, Senior Researcher, Laboratory Geotechnological risks in the development of gas-bearing coal and ore deposits, Institute of problems of comprehensive exploitation of mineral resources them academician N.V. Melnikov Russian Academy of Sciences, Moscow, 111020, Russian Federation, e-mail: yv.malakhov@mail.ru

Kizilov S.A. – PhD (Engineering), Research Fellow, Laboratory for Advanced Control Methods of Mining Engineering systems, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, 650065, Russian Federation, e-mail: sergkizilov@gmail.com

Khudonogov D.Yu. – Research Fellow, Laboratory for Advanced Control Methods of Mining Engineering Systems, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, 650065, Russian Federation, e-mail: admolv@gmail.com

Информация о статье

Поступила в редакцию: 15.09.2024

Поступила после рецензирования: 21.10.2024

Принята к публикации: 31.10.2024

Paper info

Received September 15, 2024

Reviewed October 21, 2024

Accepted October 31, 2024