

---

---

# СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

---

---

Научная статья

УДК 614.872; 622.23.05; 67.05; DOI: 10.61260/1998-8990-2024-4-8-18

## МЕХАНИЧЕСКАЯ КРЕПЬ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

✉ Никитенко Сергей Михайлович;

Кизилов Сергей Александрович.

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения  
Российской академии наук, г. Кемерово, Россия.

Малахов Юрий Валентинович.

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения  
Российской академии наук;

Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова  
Российской академии наук, Москва, Россия

✉ [nsm.nis@mail.ru](mailto:nsm.nis@mail.ru)

*Аннотация.* Одной из актуальных задач для горноспасателей является оперативная ликвидация последствий обрушений в горных выработках с целью спасения горняков и восстановления штатного функционирования горного предприятия. Рассматриваются вопросы повышения эффективности аварийно-спасательных работ в подземных горных выработках с учётом возможности максимального сокращения временного периода изоляции пострадавших в результате различных обрушений пород кровли. Авторами сделан обзор конструкций различных механических приспособлений для облегчения разборки завалов, перемещения тяжестей горноспасателями по вертикальным и наклонным выработкам. В качестве технического устройства, обеспечивающего эффективную защиту горноспасателей от обрушения кровли при разборе завалов в подземных горных выработках, предложено применять механическую быстровозводимую крепь модульного типа, состоящую из механического модуля – устройства поддерживающе-ограждающего типа, модуля откатки горной породы в процессе разбора завалов, а также модуля аварийной связи. Для выполнения работы авторы использовали методы физического моделирования и прототипирования будущего образца устройства, реализованные в его конструкции; эксперименты в форме лабораторных испытаний.

Авторами сделан вывод, что применение механического быстровозводимого модуля при разборе завалов обеспечивает постоянную поддержку кровли, что снижает риск ее обрушения, создавая безопасное рабочее пространство для бойцов военизированных горноспасательных частей.

*Ключевые слова:* механический быстровозводимый модуль, аварийно-спасательные работы, завалы в подземных горных выработках

*Благодарности:* статья подготовлена при финансовой поддержке Минобрнауки России (Соглашение № 075–15-2022-1190).

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2024

**Для цитирования:** Никитенко С.М., Кизилев С.А., Малахов Ю.В. Механическая крепь для ликвидации последствий аварий в подземных горных выработках // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 4 (72). С. 8–18. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-4-8-18.

Scientific article

## **MECHANICAL SUPPORT FOR THE ELIMINATION OF THE CONSEQUENCES OF ACCIDENTS IN UNDERGROUND MINING**

✉ **Nikitenko Sergey M.;**

**Kizilov Sergey A.**

**Federal research centre of coal and coal chemistry of the Siberian branch of the Russian academy of sciences, Kemerovo, Russia.**

**Malakhov Yuriy V.**

**Federal research centre of coal and coal chemistry of the Siberian branch of the Russian academy of sciences, Kemerovo, Russia;**

**N.V. Melnikov institute of problems of integrated subsoil development of Russian academy of sciences, Moscow, Russia**

✉ *nsm.nis@mail.ru*

*Abstract.* One of the urgent tasks for rescuers is the prompt elimination of the consequences of collapses in mine workings in order to save miners and restore the normal functioning of the mining enterprise. The article discusses the issues of improving the efficiency of emergency rescue operations in underground mine workings, taking into account the possibility of maximizing the time period of isolation of victims as a result of various roof rock collapses. The authors have reviewed the designs of various mechanical devices to facilitate the dismantling of blockages, the movement of heavy loads by rescuers along vertical and inclined workings. As a technical device that provides effective protection of rescuers from roof collapse during the analysis of blockages in underground mine workings, it is proposed to use a mechanical prefabricated modular type fastener consisting of a mechanical module – a support-enclosing type device, a module for rolling back rock during the analysis of blockages, as well as an emergency communication module. To perform the work, the authors used methods of physical modeling and prototyping of a future device sample implemented in its design; experiments in the form of laboratory tests.

The authors concluded that the use of a mechanical prefabricated module in the analysis of blockages provides constant support for the roof, which reduces the risk of its collapse, creating a safe workspace for soldiers of paramilitary mountain rescue units.

*Keywords:* mechanical prefabricated module, emergency rescue operations, blockages in underground mine workings

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

*For citation:* Nikitenko S.M., Kizilov S.A., Malakhov Yu.V. Mechanical support for the elimination of the consequences of accidents in underground mining // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 4 (72). P. 8–18. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-4-8-18.

### **Введение. Состояние проблемы**

В последнем десятилетии прошлого столетия на шахтах произошло много аварий [1, 2], основными причинами которых являются внезапные выбросы и взрывы метана, а также угольной пыли [3–6], только в США погибло около 100 чел. [7]. На долю Китая 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 чел. – на 12 % и 28,7 % соответственно [9].

В России за последнее десятилетие удельный показатель смертельного травматизма при подземной добыче угля снизился с 1,35 до 0,14 чел./млн т [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].

Достать людей из шахты можно только одним способом – разобрать завал, проделать в нем проход. Заслуженный спасатель России Александр Гофштейн сказал: «Завал – субстанция движущаяся, непостоянная и очень опасная. И этот проход надо будет крепить. В таком проходе не может одновременно находиться, может быть, даже два человека», – рассказал специалист [12].

### Методы исследования

В процессе работы авторы применили методы физического моделирования и прототипирования будущего образца устройства, реализованные в его конструкции; эксперименты в форме лабораторных испытаний.

### Результаты исследования

Ликвидация завалов в подготовительных горных выработках и в очистных забоях требует различных подходов к организации работ. Выбор способа проведения или восстановления выработки зависит от того, какой из них обеспечивает наибольшую скорость подхода к пострадавшим [13].

Для облегчения разборки завалов, перемещения тяжестей по вертикальным и наклонным выработкам горноспасательными частями используется механическое приспособление в виде универсального горного домкрата [14], который состоит из трех частей (рис. 1): съемного клина 1, собственно домкрата 2 и цепи 3. В положении, указанном на фигуре, домкрат можно использовать как для подъема, так и для раздвижения тяжелых предметов. Горный домкрат легко переносится одним человеком, так как вес его вместе с цепью не превышает 26 кг. Грузоподъемность домкрата – 1 т.

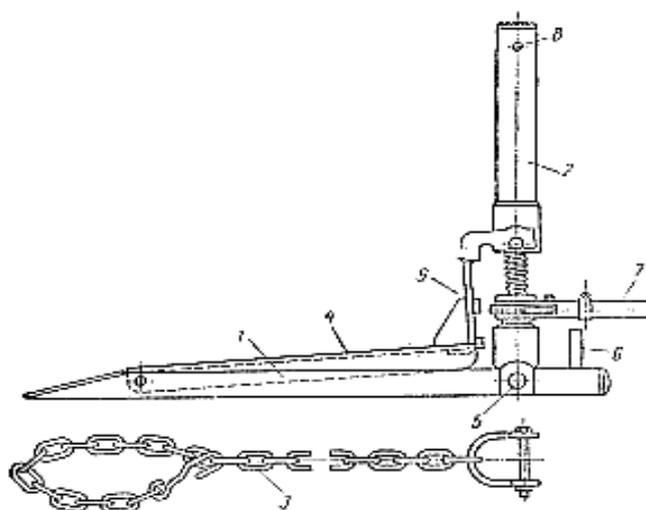


Рис. 1. Общий вид универсального горного домкрата: 1 – раздвижной клин; 2 – домкрат; 3 – цепь с серьгой; 4 – подвижная щека клина; 5 – направляющее кольца; 7 – рукоятка домкрата; 8 – отверстие для крепления цепи; 9 – гнездо для горизонтальной установки домкрата

В отечественной практике для повышения оперативности и эффективности горноспасательных работ в Министерстве угольной промышленности СССР была разработана конструкция облегченных щитов малого диаметра (рис. 2) для быстрой проходки завалов [15], представляющая собой сборную из литых элементов двухслойную оболочку.

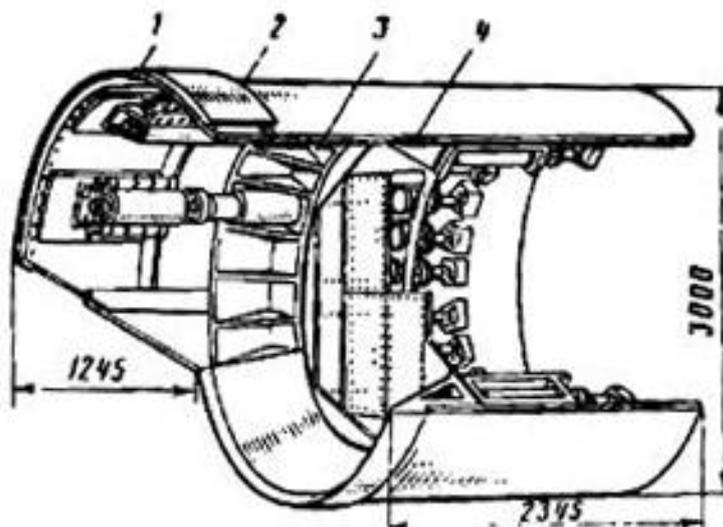


Рис. 2. Облегченный щит диаметром 3 м:

1 – направляющее кольцо; 2 – двухслойная оболочка; 3 – ножевая часть; 4 – опорное кольцо

Облегченный щит весил около 19 т, его сборка осуществлялась в заводских условиях, и он доставлялся к месту эксплуатации в собранном виде.

Щиты меньшего диаметра (2,6 м) изготавливались в виде цельносварной конструкции (рис. 3).

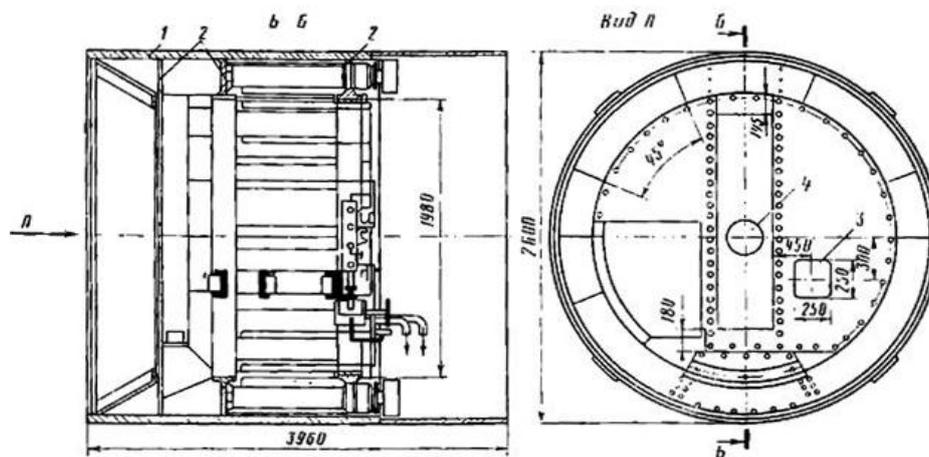


Рис. 3. Облегченный щит диаметром 2,6 м

Данный тип щитов (вес около 14 т) также должен был доставляться к месту эксплуатации в собранном виде.

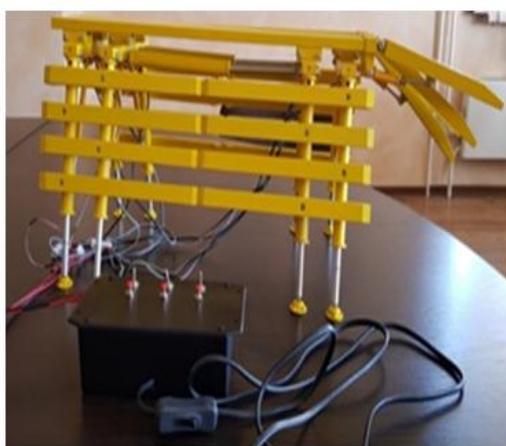
Крупногабаритная цельносварная конструкция щитов не обладала возможностью оперативной доставки и сборки их на месте завала, что и не позволило им найти широкое применение.

Коллектив авторов [16] в 2017 г. сформулировал основные требования к созданию высокоэффективного горноспасательного оборудования, а в 2018 г. для повышения

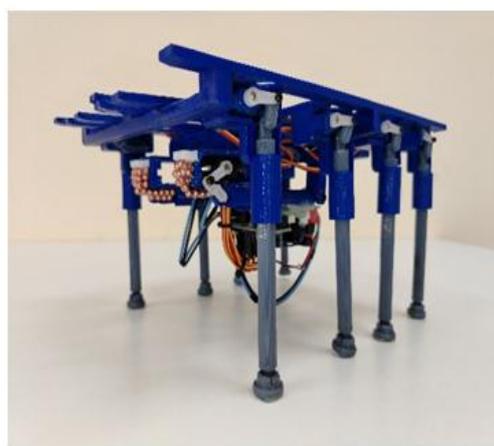
эффективности аварийно-спасательных работ в шахтах впервые была сформулирована концепция единой системы спасения пострадавших, базирующаяся на научно обоснованных принципах сокращения длительности периода нахождения пострадавших без квалифицированной медицинской помощи путем внедрения инновационных технических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

В качестве технического устройства, обеспечивающего защиту горноспасателей от обрушения кровли при разборе завалов в горной выработке [16], авторами было предложено использовать быстровозводимые модули (гидрофицированный и механический варианты) на основе крепи шагающего типа [18].

По результатам разработки конструктивных технических решений и обоснования принципа работы и параметров крепи шагающего типа для проведения экспериментальных исследований процесса передвижки секций крепи были разработаны и изготовлены соответствующие физические модели с ручным управлением в масштабе 1:10 (рис. 4 а) и модель, воспроизводящая процесс передвижки секций в автоматическом режиме в масштабе 1:25 (рис. 4 б).



а)



б)

Рис. 4. Модели шагающей крепи: а – модель с ручным управлением; б – модель с автоматическим управлением

В процессе эксперимента была проведена проверка принципа действий секций крепи при передвижении и непрерывной поддержке кровли, оценка правильности принятых технических решений, а также отработка процесса передвижки секций крепи способом шагания. Анализ полученных результатов имитационного моделирования показал, что конструктивные характеристики обеспечивают функцию передвижки секций крепи способом шагания, которая была воспроизведена при помощи автоматизированного/дистанционного управления по разработанному рабочему циклу передвижки секций. Экспериментальные исследования позволили разработать и зарегистрировать программу для ЭВМ (№ 2021615981 «Программа управления роботизированной шагающей крепью»), а также получить патент на полезную модель (№ 229577 «Крепь механическая шагающая быстровозводимая»).

### Гидрофицированный модуль

Применение гидрофицированного варианта (рис. 5) быстровозводимого модуля (ГБМ), который обеспечивает постоянную поддержку пород кровли за счет попеременного циклического шагания, обусловлено возможностью подключения к стационарному источнику энергии или к передвижной (мобильной) дизельной электростанции (гидравлической насосной станции) в аварийных подземных горных выработках.

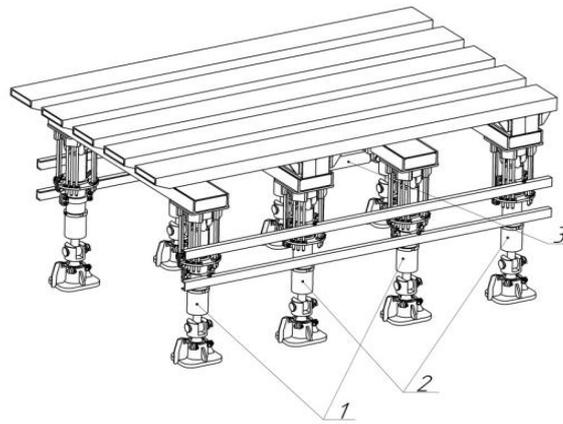


Рис. 5. Конструкция гидрофицированного модуля:  
1 – передовая секция; 2 – отстающая секция; 3 – гидравлическая стойка

В варианте ГБМ авторами 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.

### Механический вариант быстровозводимого модуля

С учётом того, что на аварийном участке шахты доставка источника гидравлической энергии может быть затруднительна или невозможна, а также исходя из положений концепции единой системы спасения пострадавших, авторы совместно с сотрудниками Филиала «Кемеровский военизированный горноспасательный отряд» федерального государственного унитарного предприятия «Военизированная горноспасательная часть» разработали вариант механического быстровозводимого модуля (МБМ), который обеспечивает безопасные условия работы горноспасателей в горизонтальных и наклонных горных выработках при разборе завала, создавая безопасное рабочее пространство (рис. 6).

МБМ состоит из двух взаимосвязанных между собой секций (ведущей и ведомой), каждая из которых выполнена из жестко закрепленных друг к другу продольных опорных и поперечных балок.

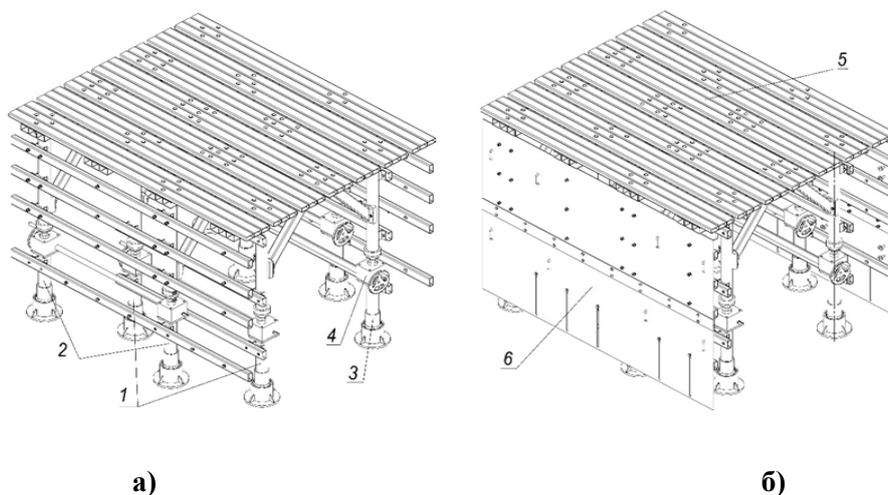


Рис. 6. Конструкция МБМ: (а) – боковое ограждение условно не показано,  
(б) – с боковым ограждением:  
1 – ведущая секция; 2 – ведомая секция; 3 – механическая стойка;  
4 – домкрат механический; 5 – перекрытие; 6 – боковое ограждение

МБМ 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. 6 не показано), а также шахтной системой аварийной связи.

Отличительные особенности МБМ: 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 секции смежны для удобства управлением подъемом и передвижки секций.

### **Модуль откатки горной массы**

Модуль откатки включает в себя ковш для погрузки породы в конвейер, а также может быть оснащен пневмо/гидромолотом для дробления крупногабаритных кусков породы. Ковши включают в работу в зоне вывала у почвы выработки, которые после наполнения по специальным направляющим переводят к конвейеру и разгружают (на рисунках не показано). Более подробно с работой модуля откатки можно познакомиться в описанном авторами изобретении [19].

### **Модуль аварийной связи**

В процессе ликвидации последствий аварий важно обеспечить бесперебойный, двунаправленный канал связи между горноспасателями в шахте и координатором на поверхности.

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

По кабелю двунаправленно передается цифровой сигнал между ретрансляторами беспроводной цифровой и мобильным сервером связи, установленным в штабе ликвидации аварии на поверхности, по этому же кабелю осуществляется электропитание ретрансляторов.

Ретрансляторы беспроводной цифровой связи закрепляются на кабеле и представляют с ним одно целое. Кабель с ретрансляторами беспроводной цифровой связи наматывается на катушку. На обоих концах кабеля расположены механизмы, позволяющие соединить конец одного кабеля с началом другого. С целью обеспечения безопасности горноспасательных работ на взрывоопасных объектах предусмотрена возможность применения ретрансляторов беспроводной цифровой связи во взрывозащищенном исполнении. Принцип работы модуля аварийной связи показан на рис. 7.

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. Поскольку сигнал передается по всему устройству через провод, повороты и перепады высоты в подземной выработке, а также двери шлюзов не могут помешать бесперебойности связи. При достижении лимита длины провода его конец соединяется с началом провода, намотанного на другую катушку, что позволяет адаптировать длину устройства под длину подземной выработки без создания угрозы перебоев беспроводного цифрового сигнала. Так как электропитанием система связи обеспечивается от мобильного

сервера связи, установленного на поверхности, решается вопрос со временем автономной работы устройства, которое может составлять до нескольких дней и зависеть только от наличия источников электричества в зоне расположения оборудования. 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.

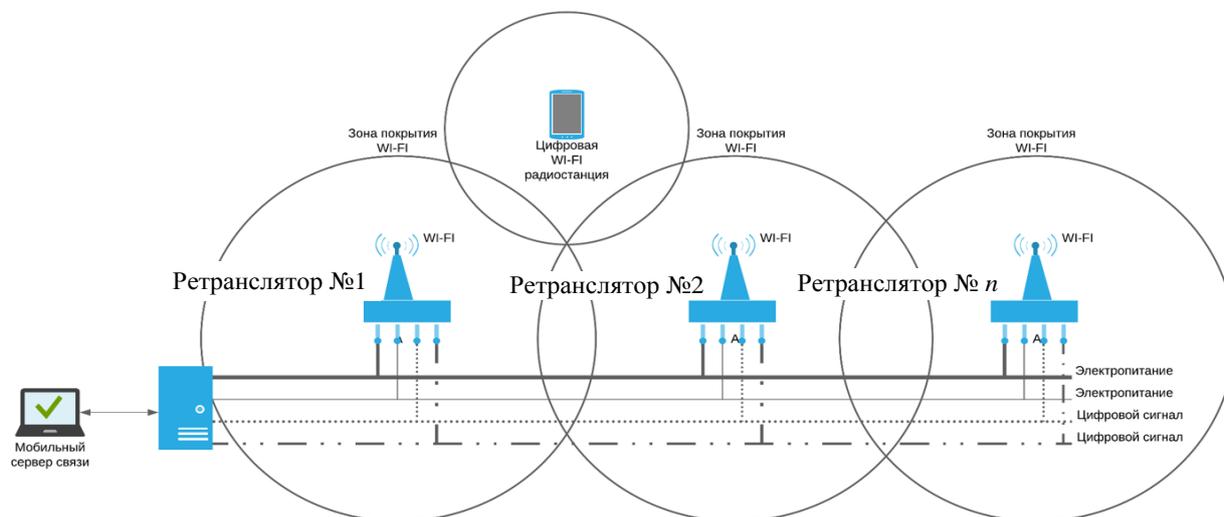


Рис. 7. Модуль аварийной связи

### Заключение

По мнению авторов, а также сотрудников военизированного горноспасательного отряда, применение механической быстровозводимой крепи модульного типа 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 обеспечивается откатка породы и бесперебойная связь посредством двунаправленного канала между горноспасателями в шахте и координатором работ на поверхности.

Быстровозводимый модуль может использоваться при проходке специальных горных выработок для спасения заблокированных горнорабочих, а также для восстановления основной кровли горных выработок.

### Список источников

1. Report of Investigation: Fatal Underground Coal Mine Explosion / R.A. Gates [et al.]; 1st ed. Tallsmanville, VA, USA: United States Mine Safety and Health Administration, 2007. P. 1–612.
2. CFD Study and Structural Analysis of the Sago Mine Accident / G.W. McMahon [et al.]; 1st ed. Pittsburgh, PA, USA: U.S. Mine Safety Health Administration, 2007. P. 1–138.
3. McPherson M.J. Subsurface Ventilation Engineering. 1st ed. Berkeley, CA, USA: University of California, 1933. P. 1–834.
4. Wang L., Cheng Yu.P., Liu H.Yu. An analysis of fatal gas accidents in Chinese coal mines // Saf. Sci. 2014. № 62. P. 107–113.
5. Fatal gas explosion accidents on Chinese coal mines and the characteristics of unsafe behaviours / Yin W. [et al.] // Saf. Sci. 2017. 2000–2014. № 92. 173–179.
6. 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 / L. Cheng [et al.] // Energies. 2018. № 11. P. 3023.

7. Historical Data on Mine Disasters in the United States. Washington, D.C.: United States Department of Labor, 2000.
8. Honkeiko Colliery Mining Disaster. London: Encyclopedia Britannica, 2009. URL: [www.britannica.com/EBchecked/topic/1503377/Honkeiko-colliery-mining-disaster](http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1503377/Honkeiko-colliery-mining-disaster) (дата обращения: 06.08.2024).
9. A total of 219 accidents and 375 deaths occurred in coal mines nationwide in 2017 // Xiamen network. 2018. URL: <http://news.xmnn.cn/xmnn/2018/01/30/100314668.shtml> (дата обращения: 06.08.2024).
10. Кабанов Е.И. Анализ риска аварий на угольных шахтах с учётом человеческого фактора // Горный журнал. 2023. № 9. С. 48–54.
11. Гончарова Э.А., Тимофеева С.С. Анализ аварийности и травматизма на угольных разрезах и шахтах России // Техносферная безопасность в XXI веке: материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. магистрантов, аспирантов и молодых ученых. 2023. С. 41–48.
12. Медиагруппа «Звезда». URL: <https://tvzvezda.ru/news/20243221641-poEUo.html> (дата обращения: 02.08.2024).
13. CoalGuide. URL: <https://coalguide.ru/podzemnye-pozhary-i-gornospasatelnoe-delo/408-dejstviya-podrazdelenii-vgsch-pri-osnovnykh-avariyakh/> (дата обращения: 02.08.2024).
14. Горноспасательное дело. URL: <http://www.gornospass.ru/domkrat.html> (дата обращения: 02.08.2024).
15. Тоннели и метрополитены / В.П. Волков [и др.]. М.: Транспорт, 1975.
16. Обоснование разработки мобильного многофункционального горноспасательного комплекса с элементами роботизации для ликвидации последствий аварий в горных выработках шахт и рудников / А.С. Ярош [и др.] // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2017. № 3.
17. Концепция единой системы спасения шахтеров при авариях и катастрофах в шахтах / А.С. Голик [и др.] // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2018. № 2.
18. Клишин В.И., Малахов Ю.В. Разработка и обоснование параметров многофункциональной шагающей крепи // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2019. № 5. С. 125–131.
19. Способ открыто-подземной разработки пологого угольного пласта и шагающая крепь для его осуществления: пат. № 2794689 Рос. Федерация, МПК В02С 19/16 (2006.01), В02С 17/00 (2006.01). № 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. URL: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet) (дата обращения: 24.08.2024).

## References

1. Report of Investigation: Fatal Underground Coal Mine Explosion / R.A. Gates [et al.]; 1st ed. Tallmansville, VA, USA: United States Mine Safety and Health Administration, 2007. P. 1–612.
2. CFD Study and Structural Analysis of the Sago Mine Accident / G.W. McMahon [et al.]; 1st ed. Pittsburgh, PA, USA: U.S. Mine Safety Health Administration, 2007. P. 1–138.
3. McPherson M.J. Subsurface Ventilation Engineering. 1st ed. Berkeley, CA, USA: University of California, 1933. P. 1–834.
4. Wang L., Cheng Yu.P., Liu H.Yu. An analysis of fatal gas accidents in Chinese coal mines // Saf. Sci. 2014. № 62. P. 107–113.
5. Fatal gas explosion accidents on Chinese coal mines and the characteristics of unsafe behaviours / Yin W. [et al.] // Saf. Sci. 2017. 2000–2014. № 92. 173–179.
6. 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 / L. Cheng [et al.] // Energies. 2018. № 11. P. 3023.
7. Historical Data on Mine Disasters in the United States. Washington, D.C.: United States Department of Labor, 2000.

8. Honkeiko Colliery Mining Disaster. London: Encyclopedia Britannica, 2009. URL: [www.britannica.com/EBchecked/topic/1503377/Honkeiko-colliery-mining-disaster](http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1503377/Honkeiko-colliery-mining-disaster) (data obrashcheniya: 06.08.2024).
9. A total of 219 accidents and 375 deaths occurred in coal mines nationwide in 2017 // Xiamen network. 2018. URL: <http://news.xmnn.cn/xmnn/2018/01/30/100314668.shtml> (data obrashcheniya: 06.08.2024).
10. Kabanov E.I. Analiz riska avarij na ugol'nyh shahtah s uchyotom chelovecheskogo faktora // Gornyj zhurnal. 2023. № 9. S. 48–54.
11. Goncharova E.A., Timofeeva S.S. Analiz avarijnosti i travmatizma na ugol'nyh razrezah i shahtah Rossii // Tekhnosfernaya bezopasnost' v XXI veke: materialy XIII Vseros. nauch.-prakti. Konf. magistrantov, aspirantov i molodyh uchenyh. 2023. S. 41–48.
12. Mediagruppa «Zvezda». URL: <https://tvzvezda.ru/news/20243221641-poEUo.html> (data obrashcheniya: 02.08.2024).
13. CoalGuide. URL: <https://coalguide.ru/podzemnye-pozhary-i-gornospasatelnoe-delo/408-dejstviya-podrazdelenii-vgsch-pri-osnovnykh-avariyakh/> (data obrashcheniya: 02.08.2024).
14. Gornospasatel'noe delo. URL: <http://www.gornospass.ru/domkrat.html> (data obrashcheniya: 02.08.2024).
15. Tonneli i metropoliteny / V.P. Volkov [i dr.]. Moskva: Transport, 1975.
16. Obosnovanie razrabotki mobil'nogo mnogofunkcional'nogo gornospasatel'nogo kompleksa s elementami robotizacii dlya likvidacii posledstvij avarij v gornyh vyrabotkah shaht i rudnikov / A.S. Yarosh [i dr.] // Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. 2017. № 3.
17. Konceptsiya edinoj sistemy spaseniya shahterov pri avariayah i katastrofah v shahtah / A.S. Golik [i dr.] // Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. 2018. № 2.
18. Klishin V.I., Malahov Yu.V. Razrabotka i obosnovanie parametrov mnogofunkcional'noj shagayushchej krep'i // Naukoyomkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nyh resursov. 2019. № 5. S. 125–131.
19. Sposob otkryto-podzemnoj razrabotki pologogo ugol'nogo plasta i shagayushchaya krep' dlya ego osushchestvleniya: pat. № 2794689 Ros. Federaciya, MPK V02S 19/16 (2006.01), V02S 17/00 (2006.01). № 2023101683, zayavl. 26.01.2023; opubl. 24.04.2023 / Klishin V.I., Anferov B.A., Kuznecova L.V., Nikitenko S.M., Borisov I.L.; zayavitel' FIC UUH SO RAN. 4 s. URL: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet) (data obrashcheniya: 24.08.2024).

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 27.08.2024; одобрена после рецензирования: 31.10.2024;  
принята к публикации: 05.11.2024

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 27.08.2024; approved after review: 31.10.2024;  
accepted for publication: 05.11.2024

*Информация об авторах:*

**Никитенко Сергей Михайлович**, главный научный сотрудник лаборатории угольного машиноведения Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук (650065, г. Кемерово, Ленинградский пр-т, д. 10), доктор экономических наук, доцент, e-mail: nsm.nis@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6684-4159>, SPIN-код: 1921-5447

**Кизилев Сергей Александрович**, научный сотрудник лаборатории перспективных методов управления горнотехническими системами Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук (650065, г. Кемерово, Ленинградский пр-т, д. 10), e-mail: sergkizilov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2554-1383>, SPIN-код: 6714-6468

**Малахов Юрий Валентинович**, ведущий инженер лаборатории угольного машиноведения Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук (650065, г. Кемерово, Ленинградский пр-т, д. 10); старший научный сотрудник Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (111020, Москва, Крюковский тупик, д. 4), кандидат технических наук, e-mail: yv.malakhov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9019-4480>, SPIN-код: 9887-2237

*Information about the authors:*

**Nikitenko Sergey M.**, chief researcher of laboratory of coal engineering science of Federal research centre of coal and coal chemistry of the Siberian branch of the Russian academy of sciences (650065, Kemerovo, Leningradsky ave., 10), doctor of economics, associate professor, e-mail: nsm.nis@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6684-4159>, SPIN: 1921-5447

**Kizilov Sergey A.**, research fellow of laboratory for advanced control methods of mining engineering systems of Federal research centre of coal and coal chemistry of the Siberian branch of the Russian academy of sciences (650065, Kemerovo, Leningradsky ave., 10), e-mail: sergkizilov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2554-1383>, SPIN: 6714-6468

**Malakhov Yuriy V.**, lead engineer of laboratory of coal engineering science of Federal research centre of coal and coal chemistry of the Siberian branch of the Russian academy of sciences (650065, Kemerovo, Leningradsky ave., 10); senior researcher of N.V. Melnikov institute of problems of integrated subsoil development of Russian academy of sciences (111020, Moscow, Kryukovsky dead end, 4), candidate of technical sciences, e-mail: yv.malakhov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9019-4480>, SPIN: 9887-2237