

Результаты теоретических и лабораторных исследований спасательного комплекса для угольных шахт

Рустам Юсуфович УРАЗБАХТИН*,
Дмитрий Алексеевич ЮНГМЕЙСТЕР**

Санкт-Петербургский горный университет, Россия, Санкт-Петербург

Актуальность работы обусловлена возможностью создания спасательного комплекса для проведения скоростных подземных выработок малого сечения (2,25 м), главной задачей которого является эвакуация шахтеров, застигнутых аварией.

Цель работы: обоснование силовых и конструктивных параметров гидродомкратов передвижки спасательного комплекса при проходке эвакуационной выработки по массивам пород переменной крепости, кровлям различной устойчивости на основе установленных зависимостей конструктивных параметров такого комплекса от давления кровли на перекрытия для увеличения скорости проходки комплексом эвакуационных выработок малого сечения в сложных горно-геологических условиях.

Методология исследования. Использован системный подход, включающий аналитические и вычислительные методы с применением математического моделирования, а также классических положений теоретической механики.

Результаты и их применение. Теоретически установлено усилие передвижки спасательного комплекса от массы ее частей, крепости пород, выражающейся в установившемся режиме степенной зависимостью от времени и шага передвижки, причем теоретическое значение величины коэффициента сопротивления движению спасательного комплекса находится в интервале 0,4–6, что подтверждается экспериментально с использованием лабораторного стенда.

Выводы. Рассмотрены особенности работы спасательного комплекса при различных крепостях пород в выработке, предложены рекомендации по выбору силового оборудования комплекса.

Ключевые слова: спасательный комплекс, шагающая крепь, скорость проходки, коэффициент сопротивления движению, горноспасательные работы.

Введение
Уголь – важнейший ресурс в энергетическом балансе многих стран мира, в частности Китая, Индии, США, России [1], но его добыча сопровождается тяжелейшими условиями работы и риском для жизни шахтеров. Меры, предпринимаемые для предотвращения аварийных ситуаций на угольных шахтах, заметно снизили аварийность на них, но задача спасения людей по-прежнему остается актуальной [2–8].

Для шахт актуальным является создание спасательного комплекса, состоящего из быстроборных узлов облегченного типа, при условии, что скорость проходки эвакуационной выработки спасательным комплексом выше, чем при проведении выработки ручным способом. Использование спасательного комплекса существенно снизит травмоопасные ситуации для горноспасателей, находящихся в зоне риска. Конструкция спасательного комплекса запатентована [9].

Методология исследования

Теоретические исследования спасательного комплекса для определения рациональных параметров силового оборудования при переменной крепости пород в забое основаны на решении уравнения баланса сил при передвижке нагруженного комплекса [10–13]. Из рис. 1 видно, что точное определение величины силы F_m позволяет обосновать схему нагрузки перекрытий крепи и ее ограждений, рассчитать основные конструктивные параметры частей крепи, на основе которых обоснованно выбрать силовое оборудование (гидроцилиндры, маслостанцию, соединительные и крепежные элементы и пр.)

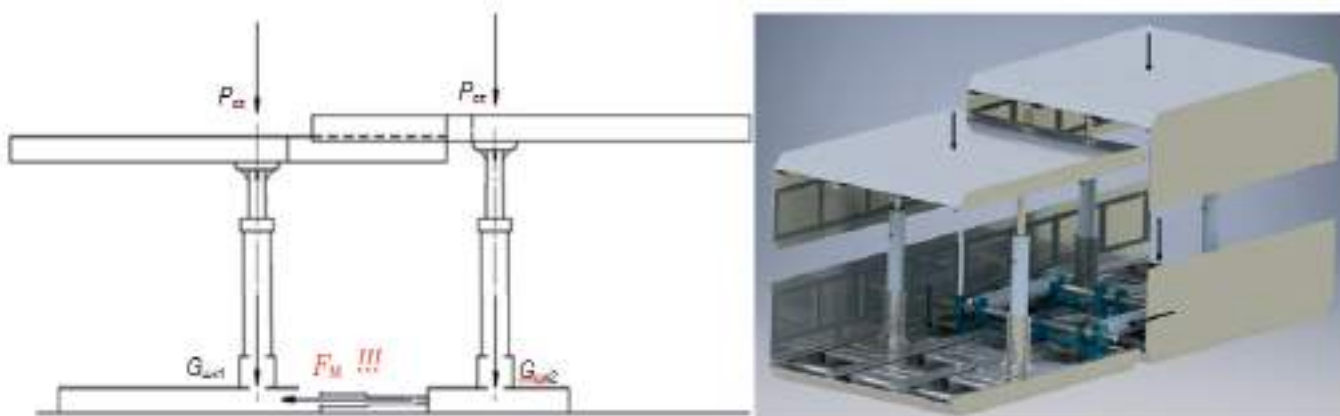


Рисунок 1. Схема процесса перемещения секций спасательного комплекса при установившемся режиме работы.
Figure 1. Diagram of the process of moving sections of the rescue complex at steady state operation.

* uraz@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2913-5641>

** iungmeister@yandex.com

<https://orcid.org/0000-0001-7858-8340>

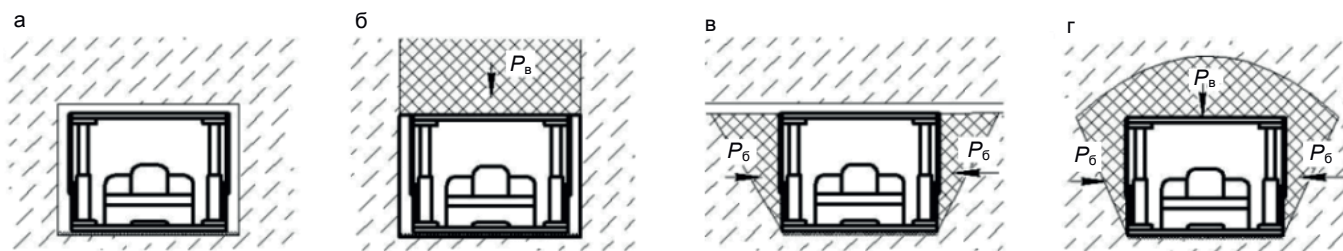


Рисунок 2. Варианты нагружения спасательного комплекса. а – отсутствие внешних нагрузок на перекрытия комплекса; б – нагружение со стороны кровли выработки; в – нагружение со стороны боков выработки; г – нагружение со стороны кровли и боков выработки.
Figure 2. Loading options for the rescue complex. а – lack of external loads on the floors of the complex; б – loading from the side of the roof; в – loading from the side of the working sides; г – loading from the side of the roof and sides of the working.

На рис. 2 представлены варианты нагружения спасательного комплекса при различных вариантах обрушения кровли и боков выработки.

Область влияния горной выработки на перекрытия секции комплекса, вызванная перераспределением напряжений в массиве пород, зависит от формы и наибольшего линейного размера l сечения выработки. Зона трещиноватости при нагружении перекрытий секций комплекса не учитывалась, поскольку напряжения в массиве трещиноватых пород не превосходят предел прочности и не воздействуют на перекрытия комплекса.

При движении комплекса в установившемся режиме с постоянной скоростью формула усилия передвижки спасательного комплекса примет вид:

$$F_m = G_{шкi} k_{сопр}, \tag{1}$$

где $G_{шкi}$ – вес головной или концевой частей комплекса; $k_{сопр}$ – коэффициент сопротивления перемещению частей комплекса, $k_{сопр} = 0,4-6$.

Значения коэффициента сопротивления перемещению имеет широкий диапазон варьирования, обусловленный вариантом нагружения комплекса (рис. 2). По результатам теоретических исследований определен интервал значений коэффициента сопротивления перемещению спасательного комплекса:

1) отсутствие внешних нагрузок на перекрытия комплекса (рис. 2, а) $k_{сопр} = 0,4-0,6$, определяется по формуле [14]:

$$k_{сопр} = \mu, \tag{2}$$

где μ – коэффициент сопротивления перемещению стальных поверхностей оснований секции крепи по породе, $\mu = 0,4-0,6$.

2) нагружение со стороны кровли выработки (рис. 2, б) $k_{сопр} = 0,5-3$, определяется по формуле [14]:

$$k_{сопр} = \mu \left(1 + \frac{2(gp2alb)}{G_{шкi}} \right), \tag{3}$$

где g – ускорение свободного падения, $g = 9,8$ Н/кг; ρ – плотность пород, кг/м³; a – полупролет свода, м; l, b – длина, высота свода обрушения, м.

Высота свода обрушения определяется по формуле [14]:

$$b = \frac{a}{f}, \tag{4}$$

где f – коэффициент крепости по классификации М. М. Протодяконова для связных пород и коэффициент внутреннего трения для мягких пород.

3) нагружение со стороны боков выработки (рис. 2, в) $k_{сопр} = 0,4-0,85$, определяется по формуле [14]:

$$k_{сопр} = \mu \left(1 + \frac{2 \left(\frac{g\rho h^2 l}{2} \text{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)}{G_{шкi}} \right), \tag{5}$$

где h – высота выработки; θ – угол сползания боковых пород; φ – угол внутреннего трения, $\varphi = \text{arctg} f$.

4) нагружение со стороны кровли и боков выработки (рис. 2, г) $k_{сопр} = 0,5-6$, определяется по формуле [14]:

$$k_{сопр} = \mu \left(1 + \frac{2 \left(gp2al \left[(a+h) \text{ctg} \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \right] \right)}{G_{шкi}} + \frac{2 \left(\frac{g\rho hl}{2} (2b_1 + h) \text{tg}^2 \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right) \right)}{G_{шкi}} \right). \tag{6}$$

Высота свода обрушения определяется по формуле [14]

$$b_1 = \frac{a_1}{f} = \frac{(a+h) \operatorname{ctg} \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right)}{\operatorname{tg} \varphi}, \quad (7)$$

где a_1 – полупролет свода естественного равновесия, м.

Результаты первого цикла экспериментов позволили построить диаграмму зависимости усилия передвижки F_m , Н, от времени t , с, при постоянном значении скорости передвижки $v = 0,1$ м/с и шаге передвижки $l = 0,2$ м (рис. 3).

Усилие передвижки секции спасательного комплекса при переходе от параметров модели к параметрам оригинала определяется по формуле

$$F_n = F_m k_m, \quad (8)$$

где k_m – масштабный коэффициент; F_m – экспериментальное значение усилия передвижки модели спасательного комплекса.

Масштабный коэффициент определяется по формуле

$$k_m = \frac{m_n}{m_m}, \quad (9)$$

где m_n – масса секции спасательного комплекса (оригинал); m_m – масса модели секции спасательного комплекса.

Наибольшее значение усилия передвижки модели спасательного комплекса проявляется при нагружении боковых стенок и перекрытий модели комплекса со стороны кровли и боков выработки (рис. 3, п. 4) и составляет ($F_m = 233,78$ Н). С учетом масштабного коэффициента ($k_m = 500$) при переходе от параметров модели к параметрам оригинала значения усилия передвижки секции спасательного комплекса и коэффициента сопротивления перемещению составляют $F_n = 116,9$ кН и $k_{\text{сопр}} = 5,9$, что подтверждает значения, полученные теоретически ($F_m = 120$ кН и $k_{\text{сопр}} = 6$).

Обоснование выбора гидродомкрата шагающей крепи

На рис. 4 показана номограмма определения типов гидродомкрата на основе определенного интервала изменения коэффициента сопротивления перемещению шагающей крепи в зависимости от коэффициента крепости пород с учетом методики выбора основных характеристик гидравлических цилиндров [15] при использовании параметрических рядов диаметров поршней и давлений гидравлической системы.

Для упрощения указанных формул зависимость коэффициента сопротивления перемещению элементов ПСК при нагружении со стороны кровли и боков выработки (рис. 4, п. 4) может быть выражена степенной зависимостью вида $k_{\text{сопр}}(f) = 4,3959f^{0,802}$, причем параметры 4,395 и $-0,802$ установлены методами аппроксимации и учитывают влияние на $k_{\text{сопр}}$ величин масс, действующих на перекрытия комплекса, представленных в формулах (1)–(7).

В соответствии с крепостью пород в выработке по шкале М. М. Протодьяконова выбирается наибольшее значение коэффициента сопротивления перемещению шагающей крепи, которое соответствует неблагоприятным горно-геологическим условиям, при которых значения вертикальной и боковых нагрузок, действующих на перекрытия, боковые стенки крепи со стороны кровли и боков выработки, максимальны. На основе коэффициента сопротивления перемеще-

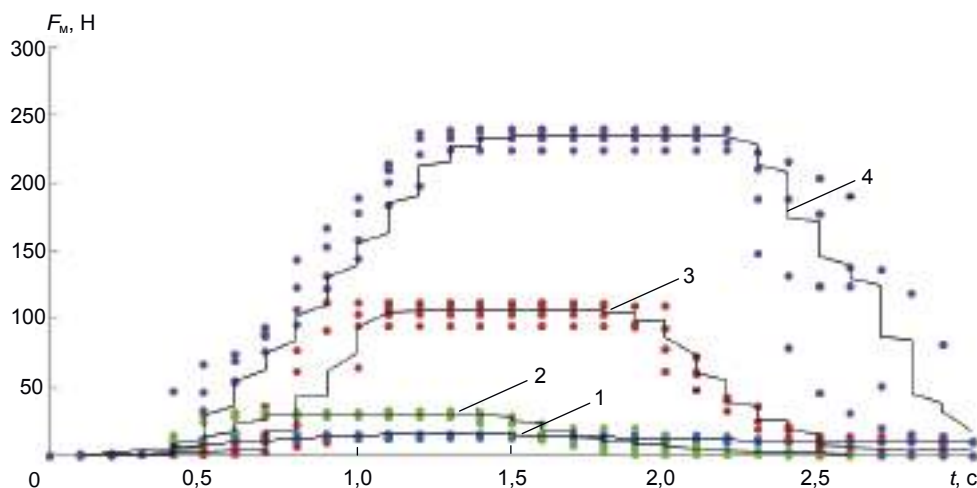


Рисунок 3. Зависимости усилия передвижки модели крепи в образцах известняковых пород от времени. 1 – без нагружения модели; 2 – при нагружении боковыми нагрузками, действующими на боковые стенки модели крепи со стороны боков выработки; 3 – при нагружении вертикальной нагрузкой, действующей на перекрытия модели со стороны кровли выработки; 4 – при нагружении вертикальной и боковыми нагрузками, действующими на перекрытия, боковые стенки модели крепи со стороны кровли и боков выработки.

Figure 3. The time dependence of the effort of moving the props model in the samples of limestone rocks. 1 – without loading the model; 2 – when loading with lateral loads acting on the side walls of the props model from the side of the working sides; 3 – when loading with a vertical load acting on the overlap of the model from the roof of the mine; 4 – when loading with vertical and side loads acting on the overlap, the side walls of the props model from the roof and side of the mine.

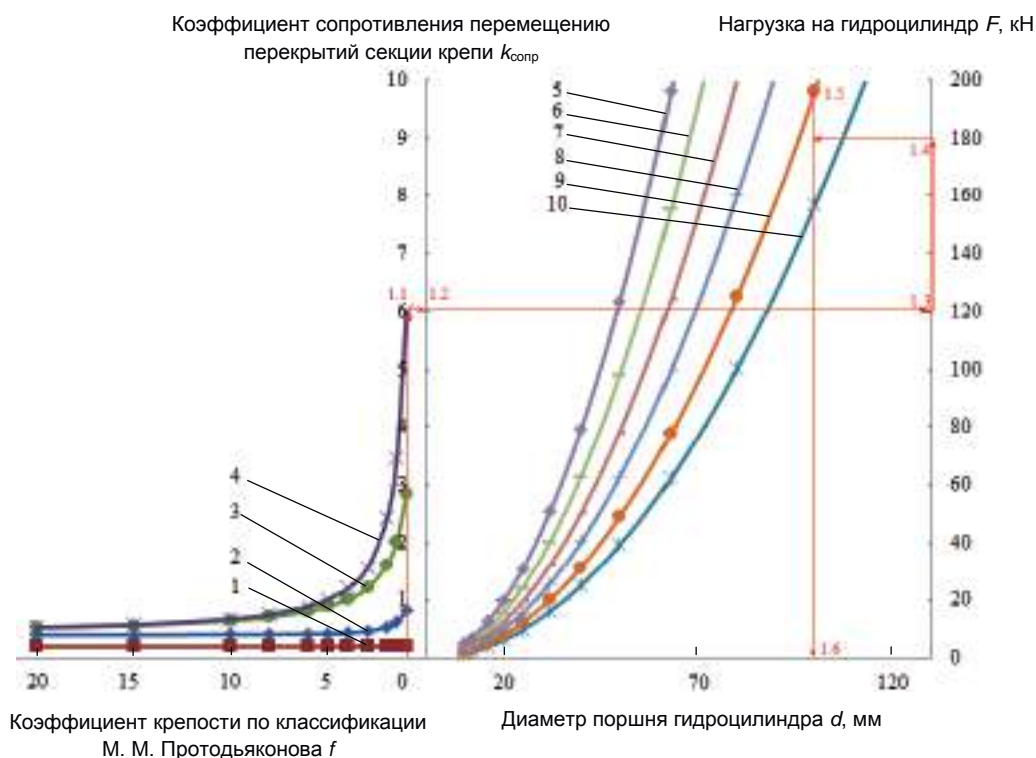


Рисунок 4. Номограмма определения типов гидродомкрата на основе силовых параметров гидроцилиндров в зависимости от коэффициента крепости пород в выработке по шкале М. М. Протодяконова. 1 – график теоретической зависимости коэффициента крепости пород от коэффициента сопротивления перемещению шагающей крепи при отсутствии нагрузки на перекрытия и стенки крепи; 2 – при наличии боковых нагрузок, действующих на боковые стенки крепи со стороны боков выработки; 3 – при наличии вертикальной нагрузки, действующей на перекрытия, боковые стенки крепи со стороны кровли и боков выработки; 4 – при наличии вертикальной и боковых нагрузок, действующих на перекрытия, боковые стенки крепи со стороны кровли и боков выработки; 5 – зависимость усилия передвигки от диаметра поршня при давлении в гидравлической сети 63 МПа; 6 – 50 МПа; 7 – 40 МПа; 8 – 32 МПа; 9 – 25 МПа; 10 – 20 МПа.

Figure 4. Graphic chart for determining the types of advancing ram based on the power parameters of hydraulic cylinders depending on the rock strength coefficient in the mine according to the M. M. Protodyakonov scale. 1 is a graph of the theoretical dependence of the rock strength coefficient on the resistance coefficient to the movement of walking props in the absence of load on the floors and walls; 2 – in the presence of lateral loads acting on the side walls of the props from the sides of working; 3 – in the presence of a vertical load acting on the roof props from the roof of the mine; 4 – in the presence of vertical and lateral loads acting on the overlap, the side walls of the props on the side of the roof and the sides of the mine; 5 – dependence of the driving force on the diameter of the piston at a pressure in the hydraulic network of 63 MPa; 6 – 50 MPa; 7 to 40 MPa; 8 – 32 MPa; 9 – 25 MPa; 10 – 20 MPa.

нию шагающей крепи выбирается гидродомкрат передвигки крепи (с учетом коэффициента запаса), обеспечивающий необходимое усилие передвигки в зависимости от диаметра поршня гидродомкрата и давления в гидравлической сети.

Так, например, при крепости пород в выработке по шкале М. М. Протодяконова $f = 1$ максимальное теоретическое значение коэффициента сопротивления перемещению шагающей крепи $k_{\text{соп}} = 6$, которое соответствует неблагоприятным горно-геологическим условиям, при которых значения вертикальной и боковых нагрузок, действующих на перекрытия, боковые стенки крепи со стороны кровли и боков выработки, максимальны (точки 1.1, 1.2 на рис. 4). При известном значении коэффициента сопротивления крепи определяется необходимое рабочее усилие, развиваемое гидродомкратом передвигки крепи ($F_m = 120$ кН) (точка 1.3 на рис. 4). Дальнейшее определение усилия передвигки крепи осуществляется с учетом коэффициента запаса $k_z = 3$ [15] и количества гидродомкратов $n = 2$, обеспечивающих передвигку крепи. Таким образом, усилие гидродомкрата должно быть не меньше 180 кН (точка 1.4 на рис. 4).

В соответствии с параметрическими рядами диаметров поршней гидроцилиндров и номинальных давлений в гидравлической сети значение усилия гидродомкрата передвигки крепи уточняется (точка 1.5 на рис. 4, $F = 196$ кН) при диаметре поршня гидродомкрата $d = 100$ мм (точка 1.6 на рис. 4) и давлении в гидравлической сети $p = 25$ МПа.

Выбор гидродомкрата передвигки основывался на максимальном расчетном значении коэффициента сопротивления перемещению шагающей крепи $k_{\text{соп}} = 6$, соответствующем неблагоприятным горно-геологическим условиям, при которых значения вертикальной и боковых нагрузок, действующих на перекрытия, боковые стенки крепи со стороны кровли и боков выработки, максимальны, и наименьшем значении диаметра поршня и давления в гидравлической сети. Тем самым обеспечивался выбор малогабаритных и быстросборных узлов комплекса облегченного типа.

Заключение

Предложена конструкция спасательного комплекса на основе расчета базового параметра F_m , рассчитанного аналитически с подтверждением лабораторных экспериментов. Даны алгоритмы и номограммы по определению силовых параметров комплекса. Расчеты показали, что для широкого спектра различных по крепости и другим показателям массивов может быть разработан универсальный комплект оборудования для создания спасательного комплекса. Основными достоинствами такого комплекса являются высокая скорость проведения аварийно-спасательных выработок, простота работы и сборки, а также возможность быстрой доставки частей и узлов комплекса к месту начала проведения

спасательной операции, поскольку масса наиболее тяжелых узлов не превышает 200 кг, что позволяет горноспасателям переносить эти узлы вручную по наиболее тяжелым участкам выработки. Оснащение горноспасательных подразделений таким комплексом позволит снизить время проведения спасательных работ, а также снизит травматизм среди горноспасателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Писаренко М. В. Перспективы производства и потребления угля в мире, России и Кузбассе // Уголь Кузбасса. 2013. № 5(031). С. 8–12.
2. Годовой отчет по деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2017 году // Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. М., 2018. 420 с.
3. Пелих С. Г., Родимов В. В., Борзяк В. Е., Шаповалов В. П. Анализ инженерных решений при спасении людей на шахтах «Западная-Капитальная» ООО «Компания «Ростовуголь» // ГИАБ. 2005. № 2. С. 191–193.
4. Федорин В. А., Шахматов В. Я., Анферов Б. А. Технологические аспекты разработки мощных пологих угольных пластов в сложных горно-геологических условиях Кузбасса // ГИАБ. 2013. № 11. С. 24–27.
5. Fiscor S. 2010, Rescuers work to free chilean miners. *Engineering and Mining Journal*, vol. 211(8), pp. 24–26.
6. Kral S. 2010, Remarkable rescue unfolds. *Mining Engineering*, vol. 62(9), P. 96
7. Gamez-Montero P. J., Salazar E., Castilla R., Freire J., Khamashta M., Codina E. 2009, Misalignment effects on the load capacity of a hydraulic cylinder. *International Journal of Mechanical Sciences*, vol. 51, issue 2, pp. 105–113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2009.01.001>
8. Yong X., Yang J., Shang J., Xie H. 2015, Design and optimization of a new kind of hydraulic cylinder for mobile robots. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, vol. 229(18), pp. 3459–3472. <https://doi.org/10.1177%2F0954406215570106>
9. Устройство для проведения спасательных работ / Юнгмейстер Д. А., Уразбахтин Р. Ю., Соколова Г. В.: пат. 2612165 Рос. Федерация; заявл. 26.04.16; опубл. 02.03.17, Бюл. № 7.
10. Yungmeyster D. A., Urazbakhtin R. Yu. 2017, Rescue complex for coal mines. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 87, issue 9, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/87/9/092032>
11. Коршунов Г. И., Юнгмейстер Д. А., Лавренко С. А., Сабитов А. Э., Уразбахтин Р. Ю. Комплекс для спасательных работ на шахтах при завалах // Горное оборудование и электромеханика. 2015. № 3. С. 3–8.
12. Юнгмейстер Д. А., Агошков О. Г., Уразбахтин Р. Ю., Иванов А. В. Рациональная конструкция комплекса для спасательных работ на шахтах // Мир транспорта и технологических машин. 2015. № 2. С. 56–64.
13. Сабитов А. Э., Исаев А. И., Юнгмейстер Д. А., Уразбахтин Р. Ю. Рациональная конструкция комплекса для спасательных работ на шахтах. Обоснование компоновки параметров перфораторов-ударников для исполнительных органов проходческих комбайнов // Горное оборудование и электромеханика. 2016. № 4. С. 17–22.
14. Горное дело: энцикл. справочник. Т. 4. Проведение и крепление горных выработок / редколл. Н. М. Покровский (отв. ред.) и др. М.: Углетехиздат, 1958. 464 с.
15. Лагерев А.В., Лагерев И.А. Моделирование рабочих процессов в дроссельно-регулируемом гидроприводе манипуляционных систем мобильных машин при раздельном движении звеньев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2018. № 4. С. 355–379.

Статья поступила в редакцию 07 мая 2019 г.

The results of theoretical and laboratory studies of the rescue complex for coal mines

Rustam Yusufovich URAZBAKHTIN*,
Dmitriy Alekseevich YUNGMEISTER**

Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia

Relevance of the work is due to the possibility of creating a rescue complex for conducting high-speed underground workings of small cross section (2.25 m²), the main task of which is the evacuation of miners met with an accident.

Purpose of the work: substantiation of the power and structural parameters of the advancing ram of the rescue complex while drifting excavation working along rock masses of variable strength, roofs of various stability based on the determined dependences of the structural parameters of such a complex on the roof pressure to increase the speed of drifting by the complex evacuation workings of small section in difficult geological conditions.

Research methodology. A systematic approach was used, including analytical and computational methods with mathematical modelling, as well as the classical principles of theoretical mechanics.

Results and their application. Theoretically, the effort of advancing the rescue complex from the mass of its parts and the rock strength was determined; it is expressed in the steady state as a power-law dependence on the time and step of the movement, and the theoretical value of the coefficient of resistance to movement of the rescue complex is in the range 0.4–6, which is confirmed experimentally using laboratory stand.

Conclusions. The features of the work of the rescue complex at various rock thickness in the mine are considered, recommendations are suggested for choosing the power equipment of the complex.

Keywords: rescue complex, walking props, drifting rate, coefficient of resistance to movement, mine rescue operations.

REFERENCES

1. Pisarenko M. V. 2013, Prospects for the production and consumption of coal in the world, Russia and Kuzbass. *Ugol' Kuzbassa* [Kuzbass Coal], no. 5(031), pp. 8–12. (In Russ.)
2. 2018, Annual report on the activities of the Federal Service for Ecological, Technological and Atomic Supervision in 2017. Federal Service for Ecological, Technological and Atomic Supervision, Moscow, 420 p.
3. Pelikh S. G., Rodimov V. V., Boryazyak V. E., Shapovalov V. P. 2005, Analysis of engineering solutions for saving people at the Zapadnaya-Kapitalnaya mines, Rostovugol Company. *Gornyye Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)* [Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)], no. 2, pp. 191–193. (In Russ.)
4. Fedorin V. A., Shakhmatov V. Ya., Anferov B. A. 2013, Technological aspects of developing powerful low-angle coal beds in difficult mining and geological conditions of the Kuzbass. *Gornyye Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)* [Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)], no. 11, pp. 24–27. (In Russ.)
5. Fisor S. 2010, Rescuers work to free Chilean miners. *Engineering and Mining Journal*, vol. 211(8), pp. 24–26.
6. Kral S. 2010, Remarkable rescue unfolds. *Mining Engineering*, vol. 62(9), p. 96.
7. Gamez-Montero P. J., Salazar E., Castilla R., Freire J., Khamashta M., Codina E. 2009, Misalignment effects on the load capacity of a hydraulic cylinder. *International Journal of Mechanical Sciences*, vol. 51, issue 2, pp. 105–113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2009.01.001>
8. Yong X., Yang J., Shang J., Xie H. 2015, Design and optimization of a new kind of hydraulic cylinder for mobile robots. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, vol. 229(18), pp. 3459–3472. <https://doi.org/10.1177/2F0954406215570106>
9. Yungmeister D. A., Urazbakhtin R. Yu., Sokolova G. V. 2017, *Ustroystvo dlya provedeniya spasatel'nykh rabot* [Rescue device]. Patent RF no 2612165.
10. Yungmeister D. A., Urazbakhtin R. Yu. 2017, Rescue complex for coal mines. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 87, issue 9, pp. 1–6. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/87/9/092032>
11. Korshunov G. I., Yungmeister D. A., Lavrenko S. A., Sabitov A. E., Urazbakhtin R. Yu. 2015, Rescue complex for mines. *Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika* [Mining equipment and electromechanics], no. 3, pp. 3–8. (In Russ.)
12. Yungmeister D. A., Agoshkov O. G., Urazbakhtin R. Yu., Ivanov A. V. 2015, Rational design of the rescue complex for mines. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [World of transport and technological machines], no. 2, pp. 56–64. (In Russ.)
13. Sabitov A. E., Isaev A. I., Yungmeister D. A., Urazbakhtin R. Yu. 2016, Rational design of the rescue complex for mines. Justification of the layout of the parameters of hammer drills for operating members of roadheaders. *Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika* [Mining equipment and electromechanics], no. 4, pp. 17–22. (In Russ.)
14. 1958, Mining: reference book. Vol. 4. Carrying out mine workings and excavation support. Ed. by N. M. Pokrovsky. Moscow, 464 p.
15. Lagerev A. V., Lagerev I. A. 2018, Modeling of working processes in a throttle-regulated hydraulic drive of the handling systems of mobile machines with separate movement of links. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Scientific and Technical Journal of Bryansk State University], no. 4, pp. 355–379. (In Russ.)

The article was received on May 07, 2019

*✉ ruraz@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2913-5641>

** iungmeister@yandex.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7858-8340>