

Научная статья

УДК 622.23.05

DOI: 10.26730/1816-4528-2023-4-48-54

Луганцев Борис Борисович¹, Сысоев Николай Иванович², Турук Юрий Владимирович³¹ООО «ШахтНИУИ»²Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,³Шахтинский автодорожный институт (филиал) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова

E-mail: uraturuk@mail.ru

УСТРОЙСТВО КОРРЕКТИРОВКИ ПОЛОЖЕНИЯ СТРУГОВОЙ УСТАНОВКИ ПО ПАДЕНИЮ ПЛАСТА**Аннотация.**

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что наиболее эффективной при отработке тонких угольных пластов является струговая выемка. Практика применения струговых механизированных комплексов в сложных горно-геологических условиях показала, что наиболее эффективными являются комплексы на базе крепей комплектного типа. Комплекты крепей помимо основного назначения – поддержания кровли – выполняют также функцию опоры для гидродомкратов системы подачи струговой установки, которые также выполняют функцию корректировки положения струговой установки по падению пласта. Такая система при явной простоте технического решения характеризуется высокой трудоемкостью процесса корректировки (перемещения) струговой установки вдоль забоя и ее низкой эффективностью. Целью исследований является разработка устройства корректировки положения струговой установки по падению пласта специальными гидродомкратами, расположенными вдоль лавы. Методы исследования: анализ и обобщение сведений, содержащихся в литературных источниках и определенных хронометражем; анализ результатов эксплуатации струговых механизированных комплексов на базе крепей комплектного типа; структурный синтез. Разработано устройство для струговых механизированных комплексов на базе крепей комплектного типа, осуществляющее корректировку положения струговой установки по падению пласта. В результате испытаний установлена зависимость между величиной сползания струговой установки и подвиганием забоя. Величина смещения составляет в среднем 0,125 м на 1 м подвигания забоя. Трудоемкость восстановления нормального положения струговой установки составляет 348-426 чел.-мин. на один ход гидродомкрата устройства. При этом количество гидродомкратов, обеспечивающих подъем струговой установки, должно быть не менее 6. Разработанное корректирующее устройство высоконадежно, обеспечивает эффективное восстановление нормального положения струговой установки вдоль очистного забоя и не сдерживает технологический процесс добычи угля.

**Информация о статье**

Поступила:

08 февраля 2023 г.

Одобрена после
рецензирования:

15 августа 2023 г.

Принята к печати:

01 сентября 2023 г.

Опубликована:

12 сентября 2023 г.

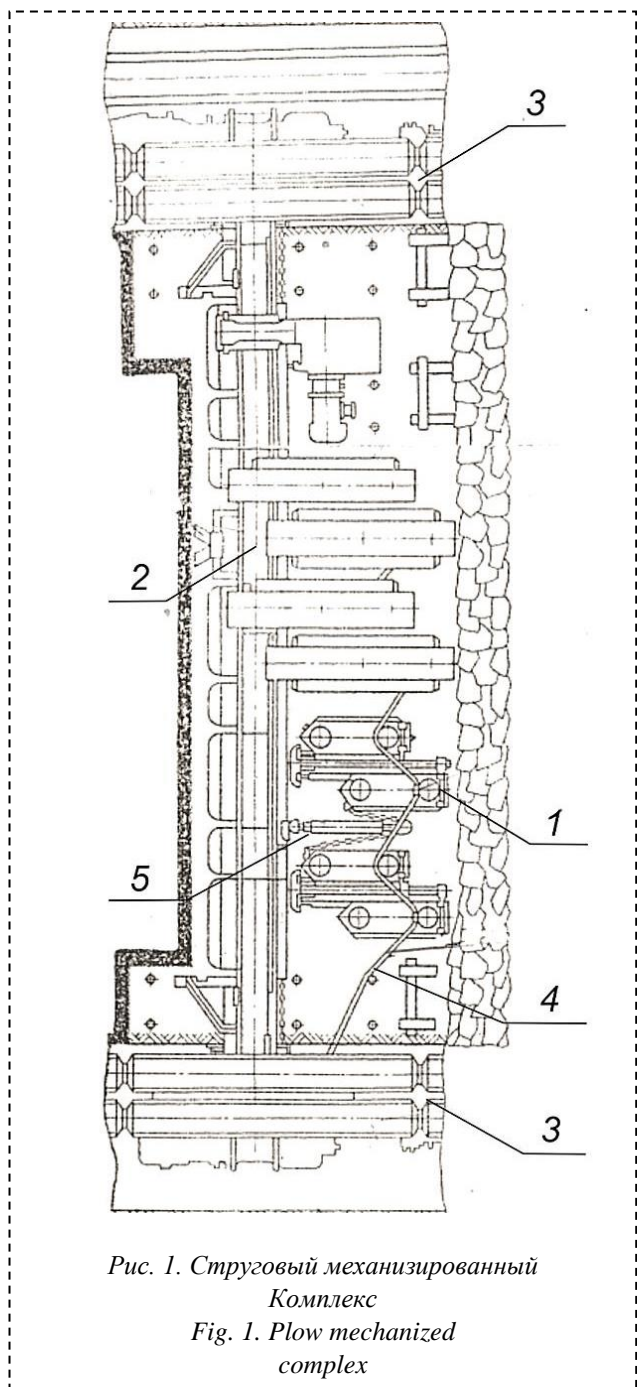
Ключевые слова:

тонкие пласты, падение пласта, струговой комплекс, комплектная крепь, сползание, устройство корректирующее, гидродомкрат, корректировка положения

Для цитирования: Луганцев Б.Б., Сысоев Н.И., Турук Ю.В. Устройство корректировки положения струговой установки по падению пласта // Горное оборудование и электромеханика. 2023. № 4 (168). С. 48-54. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-4-48-54, EDN: KVPJNQ

Основной задачей предприятий по добыче угля является повышение рентабельности за счет применения прогрессивной техники и технологии. Особенно актуально это для шахт, обрабатывающих тонкие пласты, которые в Российской Федера-

ции составляют около 60% промышленных запасов угля, являющегося высококачественным энергетическим топливом, а также технологическим сырьем в различных отраслях промышленности [1,2].



Отечественный и зарубежный опыт показывает, что наиболее эффективной при отработке тонких пластов является струговая выемка. Наиболее существенным и значительным преимуществом струговой выемки является высокая сортность добываемого угля и возможность существенного снижения, и, как правило, полного исключения присечек боковых пород, что ведет к снижению зольности добываемого угля [3-6].

При выемке тонких угольных пластов применяют струговые механизированные комплексы на базе механизированных крепей комплектного типа МК98 и 1МКС, а также агрегатированного типа КД90, Дон-Фалия 5, BS2.1X и др. [7-9].

Практика применения струговых механизированных комплексов в сложных горно-геологических условиях показала, что наиболее

эффективными являются комплексы на базе крепей комплектного типа, такие как К1МСК [10,11].

Струговой механизированный комплекс (Рис. 1) состоит из механизированной крепи 1 комплектного типа 1МКС, струговой установки 2, крепей сопряжения 3, электро- и гидрооборудования 4.

Передвижка секций комплекта крепи может осуществляться как по шахматной схеме, так и по линейной [12,13].

Комплекты крепи помимо основного назначения – поддержания кровли – выполняют также функцию опоры для гидродомкратов системы подачи струговой установки. Гидродомкраты 5 системы подачи струга устанавливаются между комплектами крепи. Каждый гидродомкрат одним своим концом опирается с помощью утюга на цепь, закрепленную на основаниях секций соседних комплектов, а другим прикрепляется через переднюю опору к балке, установленной на борту конвейера. Передняя опора вместе с гидродомкратом может перемещаться по балке вдоль конвейера.

Кроме этого, гидродомкраты системы подачи выполняют функцию корректировки положения струговой установки по падению пласта, т.е. подъем струговой установки. При этом гидродомкраты устанавливают под углом в сторону восстания пласта.

В результате эксплуатации струговых механизированных комплексов К1МКС установлена высокая трудоемкость процесса корректировки (перемещения) струговой установки вдоль забоя и ее низкая эффективность.

Целью исследований является разработка устройства корректировки положения струговой установки по падению пласта гидродомкратами, расположенными вдоль лавы.

Методы исследования: анализ и обобщение сведений, содержащихся в литературных источниках и определенных хронометражем; анализ результатов эксплуатации струговых механизированных комплексов на базе крепей комплектного типа, определение силовых параметров устройства корректировки [14-15].

В ООО «ШахтНИУИ» проведена модернизация секций механизированной крепи 1МКС. Шахматная схема передвижки секций комплекта крепи заменена на линейную. При этом подача струговой установки на забой осуществляется балкой, направляющей взамен гидродомкратов системы подачи, т.е. гидродомкратами, расположенными в секциях комплекта крепи и увязанными с балкой направляющей.

Поэтому для таких комплексов было разработано устройство корректирующее, предназначенное для перемещения струговой установки вдоль очистного забоя (корректировки положения струговой установки).

Устройство корректирующее (Рис. 2) включает гидродомкрат 1, который закреплен одним концом с помощью кронштейна 2 к конвейеру 3 струговой установки, а другим упирается в балку направляющую 4 или основание секции 5 комплекта крепи.

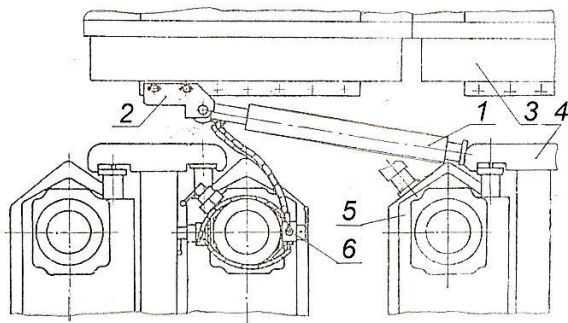


Рис. 2. Устройство корректирующее
Fig. 2. Corrective device

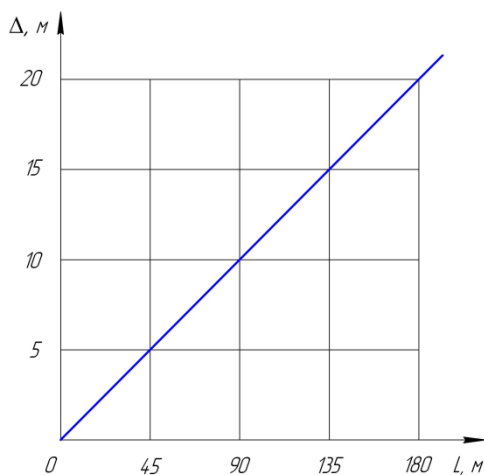


Рис. 3. Зависимость между величиной сползания Δ струговой установки ISO2620 и продвижением очистного забоя L

Fig. 3. Relationship between the amount of slip Δ plow unit ISO2620 and moving the slope L

Используемый здесь гидродомкрат подключен к блоку управления 6, установленному на секции крепи и запитанному от линии высокого давления; он аналогичен гидродомкрату, применяемому в секции крепи, и развивает усилие до 220 кН (при давлении 20 МПа). В комплексе может применяться до 12 корректирующих устройств, равномерно распределенных по лаве.

В начале работы по всей лаве выводят из контакта с конвейером толкатели комплектов, используемых для подачи струговой установки на забой, и максимально подтягивают к конвейеру секции, в балку направляющую или основание которых будут упираться гидродомкраты корректирующих устройств. Затем эти гидродомкраты устанавливаются в рабочее положение, т.е. закрепляют одним концом с помощью кронштейнов к конвейеру, а другим упираются в основание секции; далее рукоятки блоков управления устанавливаются в нейтральное положение, выключается насосная станция и рукоятки вновь переводят в рабочее положение (на раздвижку гидродомкрата). По селекторной связи все рабочие сообщают о выполнении этих операций и затем машинист струга включает насосные станции. Гидродомкраты, раздвигаясь,

перемещают струговую установку вдоль забоя. Если необходимо переместить и приводную станцию струга, то надо разгрузить ее распорные стойки. Для облегчения процесса перемещения установки эту операцию осуществляют при работающем струге (в этом случае конвейер приподнимается постелью струга над почвой, чем уменьшается сопротивление перемещению). Если за один ход величина перемещения недостаточна, необходимо гидродомкрат сложить, перекрепить с кронштейном на конвейере, а операцию повторить до требуемой величины перемещения установки.

Испытания проводились в составе опытного образца очистного стругового комплекса в исполнении для пластов с углами падения до 25–30°.

Комплекс включал струговую установку ISO2620, опытный образец механизированной крепи в исполнении для угольных пластов с углами падения до 25° и корректирующие устройства. Испытания проводили при отработке пласта мощностью 1,2–1,26 м с углами падения 19–32° (средний 23°). Гипсометрия пласта спокойная, непосредственная кровля – песчаный сланец средней устойчивости с выходами зон неустойчивых пород мощностью до 1,1 м, коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова – 7–8. Основная кровля – песчаник мощностью 15,5 м с коэффициентом крепости 9–10. Почва пласта – песчаный сланец с коэффициентом крепости 7–8. Сопротивление пород почвы на вдавливание – 53,3 МПа.

За период наблюдений подвигание очистного забоя составило 253,6 м, при этом было добыто 95326 т угля.

В лаве было смонтировано 12 корректирующих устройств с шагом расстановки от 8 до 20 м. Наблюдения за сползанием струговой установки велись в течение 5 месяцев. За этот период подвигание забоя составило 172,2 м, а условное сползание – 20,8 м.

В результате обработки полученных данных была установлена зависимость между величиной сползания струговой установки и продвижением забоя, представленная на Рис. 3.

Из графика видно, что величина смещения струговой установки составляла в среднем 0,125 м на 1 м продвижения забоя. Учитывая, что корректировку положения установки необходимо осуществлять при сползании ее на 0,5–0,8 м, частота выполнения этой операции в условиях лавы с углом падения 19–32° составляла одну корректировку на 4–7 м продвижения забоя, или 1600–2800 т добычи угля.

В результате испытаний была подтверждена необходимость регулярного использования корректирующего устройства, а следовательно, и требования к нему: высокая надежность, эффективность и низкая трудоемкость применения.

Эксплуатация корректирующих устройств показала, что они способны эффективно перемещать струговую установку вдоль забоя. Особых затруднений в получении навыков и выполнении указанной операции у рабочих не возникало.

Проверка возможности подъема става конвейера уменьшенным по сравнению с первоначальным

количеством гидродомкратов показала, что суммарного усилия шести равномерно распределенных по лаве гидродомкратов в сухой лаве с углом падения 25–30°, длиной 180 м при работающем струге достаточно.

Изменение параметров корректирующего устройства выполнялось в нижней, средней и верхней части лавы до, в процессе и после передвижения (угол падения пласта на этих участках составлял 21–25°). При этом замерялись давление насосной станции, давление у гидродомкрата в процессе и после передвижки, геометрические параметры, позволяющие определить угол между осями гидродомкрата и конвейера. Давление рабочей жидкости в напорной магистрали у насосной станции колебалось от 16 до 18 МПа, в поршневой полости гидродомкрата в процессе передвижки – от 9 до 16 МПа и в среднем составило 11,7 МПа, что соответствует усилию 117 кН.

Угол между осью гидродомкрата устройства корректирующего до перемещения конвейера составлял от 5 до 34°, средний – 13,3°, после перемещения – от 5° до 21°, средний – 8,6°.

Трудоемкость процесса корректировки оценивалась с помощью хронометражных наблюдений по каждой операции. Обычно 12 корректирующих устройств обслуживало 6 человек. При этом затраты на передвижку всех устройств на ход гидродомкрата составили:

- на оттягивание толкателей – 20 мин;
- на установку гидродомкратов в рабочее положение – 30–40 мин;
- выключение, включение насосных станций – 5–6 мин;
- перемещение струговой установки – 3–5 мин.

Таким образом, в процессе перемещения струговой установки на ход гидродомкрата затрачивалось 58–71 мин и трудоемкость соответственно составила 348–426 чел.-мин.

Обычно эта операция повторялась 2–3 раза, так как после первой лишь выбирались зазоры между рештками и став конвейера прижимался к забою, а собственно перемещение осуществлялось начиная со второй операции. Трудоемкость второй и последующих операций была ниже, т. к. исключается процесс оттягивания толкателей, уменьшается количество операций гидродомкратов в рабочее положение. Например, время, затраченное на две операции, составило 108 мин, трудоемкость – 608 чел.-мин.

Корректировка положения рештчатого става не оказывала существенного влияния на технологический процесс выемки угля, т. к. выполнялась в ремонтно-подготовительную смену.

Заключение:

– разработанное корректирующее устройство высоконадежно, обеспечивает эффективное восстановление нормального положения струговой установки вдоль очистного забоя и не сдерживает технологический процесс добычи угля. Трудоемкость этой операции составляет 348–426 чел.-мин на один ход гидродомкрата;

– на пластах с углами падения, близкими к 25°, струговая установка ICO2620 сползает с интенсивностью 0,125 м на 1 м подвигания забоя и, следовательно, необходима частая корректировка ее положения;

– установлено, что количество гидродомкратов, обеспечивающих процесс подъема струговой установки при работающем струге в сухой лаве длиной 180 м с углом падения до 25°, не имеющей порогов по почве, должно быть не менее 6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сысоев Н. И., Турук Ю. В. Проектирование и конструирование механизированных комплексов: монография. Новочеркасск : ЮРГПУ(НПИ), 2016. 226 стр.
2. Луганцев Б. Б., Ошеров Б. А., Файнбурд Л. И. Струговая выемка угля. Каталог-справочник. Новочеркасск : «Оникс+», 2007. 298с.
3. Brodny J. Analysis of the impact of unscheduled downtimes on their availability in machine operations // MAPE. 2018 Vol. 1. No. 1. Pp. 145–151. DOI: 10.2478/mape-2018-0019.
4. Sinha S., Chugh Y. P. Validation of critical strain technique for assessing stability of coal mine intersections and its potential for development of roof control plans. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2018. Vol. 10. Iss. 2. Pp. 380–389.
5. Song G., Chugh Y., Wang J. A numerical modelling study of longwall face stability in mining thick coal seams in China. International Journal of Mining and Mineral Engineering (inderscience-online.com), 8.35.10 January 2017. DOI: 10.1504/IJMME.2017.082682.
6. Sysoev N. I, Turuk Y. V. Basement of structure, main power and design parameters of mechanism of removing sections of mechanized sets of knife plane installation. 2017. PDME IOP Publishing IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 87 (2017) 022022 DOI: 10.1088 / 1755-1315 / 87/2/022022.
7. Szurgacz D., Brodny J. Analysis of the influence of dynamic load on the work parameters of a powered roof support's hydraulic leg // Sustainability. 2019. Vol. 11. No. 9. DOI: 10.3390/ su11092570.
8. Хорин В. Н. Расчет и конструирование механизированных крепей. М. : Недра, 1988. 256 с.
9. Якоби О. Практика управления горным давлением. М. : Недра, 1987. 566 с.
10. Коровкин Ю. А. Механизированные крепи очистных забоев. М. : Недра, 1990. 414 с.
11. Babyr N. V. , Korolev A. I. Enhancement of Powered Cleaning Equipment with the View of Mining and Geological Conditions IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. №3. Pp. 1504–1510. doi:10.1088/1755-1315/194/3/032004.
12. Shurygin D. N., Vlasenko S. V., Turbor I. A. An Establishment of Dependencies of Mutual Influence of Geological and Mining Factors on the Stress-Strain State of the Rock Mass. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 272(2). 022235.

13. Szurgacz D., Brodny J. Adapting the powered roof support to diverse mining and geological conditions // *Energies*. 2020. Vol. 405. No. 13. DOI: 10.3390/en13020405.

14. Козлов В. В. Анализ динамики нагружения секции крепи при движении механизированного комплекса по криволинейной траектории // *Уголь*. 2019. №12. С. 38–39. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-12-38-39.

15. Никитенко М. С., Князьков К. В., Абабков Н. В., Ожиганов Е. А. Разработка комплекса средств технической диагностики, восстановления и упрочнения элементов горнодобывающего оборудования // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2013. № 06. С. 447-456.

© 2023 Автор. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Луганцев Борис Борисович, доктор техн. наук, доцент, ООО «ШахтНИУИ», 346500, Россия, Ростовская обл., г. Шахты, ул. Советская, 279

Сысоев Николай Иванович, доктор техн. наук, профессор, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 346428, Россия, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Турок Юрий Владимирович, доктор техн. наук, доцент, ахтинский автодорожный институт (филиал) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, 346500, Россия, Ростовская обл., г. Шахты, пл. Ленина 1, e-mail: uraturuk@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Луганцев Борис Борисович, – постановка исследовательской задачи в соавторстве; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; формулировка методологии управления риском; формулировка заключения.

Сысоев Николай Иванович, – постановка исследовательской задачи в соавторстве; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; формулировка методологии управления риском; формулировка заключения.

Турок Юрий Владимирович – постановка исследовательской задачи в соавторстве; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; формирование структуры основных задач; аналитические расчеты; выводы; формулировка заключения; написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2023-4-48-54

Boris B. Lugantsev¹, **Nikolay I. Sysoev**², **Yuri V. Turuk**³

¹LLC "Shakhtniui"

²Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

³Shakhty Road Institute, Branch of Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

E-mail: uraturuk@mail.ru

RISK ASSESSMENT OF THE OPERATION OF MINING MACHINERY AND EQUIPMENT IN THE CHANGING OPERATION CONDITIONS OF A MINING ENTERPRISE



Article info

Received:

08 February 2023

Abstract.

domestic and foreign experience shows that the most effective in the development of low coal seams is the plowing. The practice of using plough mechanized complexes in difficult mining and geological conditions has shown that complexes based on complete type supports are the most effective. The support units, in addition to the main purpose of maintaining the top wall, also perform the function of a support for the hydraulic jacks of the ploughing haulage system, which also perform the function of adjusting

Accepted for publication:
15 August 2023

Accepted:
01 September 2023

Published:
12 September 2023

Keywords: low seams, seam gradient, ploughing system, support unit, sliding, corrective device, hydraulic jack, position adjustment.

the position of the ploughing system as the seam gradient. Such a system, with the obvious simplicity of the technical solution, is characterized by the high complexity of the process of adjusting (moving) the ploughing system along the face and its low efficiency.

The purpose of the research is to develop a device for adjusting the position of the ploughing system for the seam gradient with special hydraulic jacks located along the face.

Research methods: analysis and generalization of information contained in literary sources and determined by timekeeping; analysis of the results of operation of plough mechanized complexes based on complete type supports; structural synthesis.

A device has been developed for plough mechanized complexes based on complete-type supports, which corrects the position of the ploughing system by seam gradient.

As a result of the tests, a relationship was established between the amount of sliding of the ploughing system and the movement of the face.

The displacement value averages 0.125 m per 1 m of face movement.

The labor intensity of restoring the normal position of the ploughing system is 348-426 people-min. for one stroke of the hydraulic jack of the device. At the same time, the number of hydraulic jacks providing lifting of the ploughing system should be at least 6.

The developed corrective device is highly reliable, provides effective restoration of the normal position of the ploughing system along the treatment face and does not restrain the technological process of coal mining.

For citation: Lugantsev B.B., Sysoev N.I., Turuk Yu.V. Device for adjusting the position of the ploughing system by the seam gradient. *Mining Equipment and Electromechanics*, 2023; 3(168):48-54 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2023-4-48-54, EDN: KVPJNQ

REFERENCES

1. Sysoev N.I., Turuk Yu.V. Proektirovanie i konstruirovaniye mekhanizirovannykh kompleksov: monografiya [Design and engineering of mechanized mining systems, monograph]. Novocheerkassk: YuRG-PU; 2016.
2. Lugantsev B.B., Osheroev B.A., Faynburd L.I. Strugovaya vyemka uglya. Katalog-spravochnik [Ploughing of coal. Directory]. Novocheerkassk: Oniks+; 2007.
3. Brodny J. Analysis of the impact of unscheduled downtimes on their availability in machine operations. *MAPE*. 2018; 1(1):145–151. DOI: 10.2478/mape-2018-0019.
4. Sinha S., Chugh Y.P. Validation of critical strain technique for assessing stability of coal mine intersections and its potential for development of roof control plans. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2018; 10(2):380–389.
5. Song G., Chugh Y., Wang J. A numerical modelling study of longwall face stability in mining thick coal seams in China. *International Journal of Mining and Mineral Engineering (inderscience-online.com)*, 8.35.10 January 2017. DOI: 10.1504/IJMMME.2017.082682.
6. Sysoev N.I., Turuk Y.V. Basement of structure, main power and design parameters of mechanism of removing sections of mechanized sets of knife plane installation. *PDME IOP Publishing IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2017; 87:022022. DOI: 10.1088 / 1755-1315 / 87/2/022022.
7. Szurgacz D., Brodny J. Analysis of the influence of dynamic load on the work parameters of a powered roof support's hydraulic leg. *Sustainability*. 2019; 11(9). DOI: 10.3390/su11092570.
8. Khorin V.N. Raschet i konstruirovaniye mekhanizirovannykh krephey [Calculation and design of mechanized supports], Moscow: Nedra; 1988.
9. Yakobi O. Praktika upravleniya gornym davleniem [Ground control practices], Moscow: Nedra; 1987.
10. Korovkin Yu.A. Mekhanizirovannyye krepki ochistnykh zaboev [Powered supports in production faces], Moscow: Nedra; 1990.
11. Babyr N.V., Korolev A.I. Enhancement of Powered Cleaning Equipment with the View of Mining and Geological Conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018; 3:1504–1510. doi:10.1088/1755-1315/194/3/032004.
12. Shurygin D.N., Vlasenko S.V., Turbor I.A. An Establishment of Dependencies of Mutual Influence of Geological and Mining Factors on the Stress-Strain State of the Rock Mass. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 272(2):022235.
13. Szurgacz D., Brodny J. Adapting the powered roof support to diverse mining and geological conditions. *Energies*. 2020; 405(13). DOI: 10.3390/en13020405.
14. Kozlov V.V. Loading dynamics of the powered support unit during movement of longwall mining system along a curved trajectory. *Ugol'*. 2019; 12:38–39. [In Russ.]. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-12-38-39.

15. Nikitenko M.S., Knyazkov K.V., Abakov N.V., Ozhiganov E.A. Development of instrumentation for technical diagnostics, restoration and reinforcement

of mining equipment components. MIAB. *Mining Inf. Analit. Bull.* 2013; 6:447–456. [In Russ].

© 2023 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The author declares no conflict of interest.

About the author:

Boris B. Lugantsev, Dr. Sc. in Engineering, Associate Professor, LLC "Shakhtniui", 346500, Russia, Rostov region, Shakhty, Sovetskaya str., 279

Nikolay I. Sysoev, Dr. Sc. in Engineering, Professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), 346428, Russia, Rostov region, Novochoerkassk, st. Enlightenment, 132

Yuri V. Turuk, Dr. Sc. in Engineering, Associate Professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), 346428, Russia, Rostov region, Novochoerkassk, st. Enlightenment, 132, e-mail: uraturuk@mail.ru

Contribution of the authors:

Boris B. Lugantsev – statement of the re-search task in co-authorship; scientific management; review of the relevant literature; conceptualization of the study; formulation of the methodology of risk management; formulation of the conclusion.

Nikolay I. Sysoev – statement of the re-search task in co-authorship; scientific management; review of the relevant literature; conceptualization of the study; formulation of the methodology of risk management; formulation of the conclusion.

Yuri V. Turuk – formulation of a research task in co-authorship; scientific management; review of relevant literature; formation of the structure of the main tasks; analytical calculations; conclusions; formulation of the conclusion; writing the text.

Author have read and approved the final manuscript.

