

Клишин Владимир Иванович^{1,2}, доктор техн. наук, чл.-корр. РАН, **Малахов Юрий Валентинович**¹, ведущий инженер

¹Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, 650000, Россия, г. Кемерово, проспект Советский, 18

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: klishinvi@icc.kemsc.ru

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ СКОРОСТНОЙ ПРОХОДКИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ШАГАЮЩЕЙ КРЕПИ

Аннотация: Использование современных механизированных комплексов с высокими скоростями продвижения очистных забоев обострило проблему отставания темпов проходки подготовительных и вспомогательных горных выработок. Современное развитие угольной отрасли ставит задачу в создании высокопроизводительных проходческих комплексов, обеспечивающих скоростную проходку подземных горных выработок с анкерным креплением. Анализ опыта проведения горных выработок показал, что для обеспечения повышения темпов проходки необходимо повысить уровень механизации отдельных операций проходческого цикла и разработать план организации работ с обеспечением совмещений операций.

В статье авторами предложен вариант состава проходческого комплекса для скоростной проходки подземных горных выработок с использованием механизированной шагающей крепи, обеспечивающей постоянную поддержку кровли горной выработки. Рассмотрен состав основных операций проходческого цикла при использовании механизированной шагающей крепи в составе проходческого комплекса. Отмечено, что использование механизированной шагающей крепи дает возможность разделить отдельные операции проходческого цикла в пространстве при их совмещении по времени. В статье приводится расчет цикла передвижки, механизированной шагающей крепи без учета взаимосвязанных операций. Авторами определены дальнейшие направления проведения работ в части разработки совмещенного проходческого цикла с применением механизированной шагающей крепи и определения технологической скорости проведения горных выработок.

Ключевые слова: механизированная шагающая крепь, проходческий комплекс, механизация проходческих работ, проходческий цикл, цикл передвижки, темпы проходки, скоростная проходка, горная выработка, подготовительная выработка.

Информация о статье: принята 26 марта 2021 г.
DOI: 10.26730/1816-4528-2021-4-9-15

Введение. Энергетической стратегией России на период до 2035г. предусматривается решение задач научно-технологического развития угольной промышленности, направленных на повышение эффективности и конкурентоспособности техники и технологий добычи угля в соответствии с мировыми трендами развития технического уровня. Одним из основных технологических процессов в угольных шахтах является проведение подготовительных и вспомогательных подземных горных выработок. От технического уровня и темпов проходки в значительной мере зависит воспроизводство фронта очистных работ и эффективность работы механизированных добычных комплексов [1]. Энергетической стратегией предусмотрено, что в среднесрочной перспективе для угольной отрасли будет востребовано создание высокопроизводительных проходческих комплексов для проведения подземных гор-

ных выработок с анкерным креплением. Первостепенными отраслевыми задачами также является повышение уровня производительности, эффективности извлечения и безопасности горных работ.

Актуальность работы. Использование современных механизированных очистных комплексов с высокими скоростями отработки в высокопроизводительных очистных забоях обострило проблему отставания темпов проведения подготовительных и вспомогательных подземных выработок. Одним из путей решения проблемы несоответствия скоростей продвижения очистных и подготовительных забоев является разработка и внедрение технологических схем скоростного проведения подземных горных выработок при обязательном решении вопроса комплексной механизации процессов проходческого цикла [2].

В отечественной практике были предложены различные технические решения, направленные на

увеличение темпов проходки подготовительных выработок, включая технологические схемы проходки с применением поэтапного анкерного крепления выработки [3-5]. Передовая мировая практика проведения подземных горных выработок показывает нарастающее применение механизированных систем быстрой проходки, обеспечивающих непрерывный режим работы проходческого комбайна, при совмещении работы комбайна по выемке горной массы и операций анкерного крепления [6,7]. Зарубежные исследования установили, что применение механизированных систем быстрой проходки с совмещением операций не только обладают преимуществами с точки зрения увеличения скорости проходки, но и решают комплексно задачи по повышению производительности, снижению производственных затрат, что повышает эффективность проходческих работ при обеспечении повышенной безопасности [8-10]. Проведенный в работе [11] сравнительный анализ полученных результатов проходки горных выработок высокопроизводительными импортными комплексами скоростной проходки фронтального типа и проходческими комбайнами избирательного действия показал, что технико-экономические показатели проходки подготовительных выработок проходческими комбайнами избирательного действия имеют меньшие затраты на проведение горных выработок, что подтверждает перспективность дальнейшего их использования.

Установлено, что перерывы и простои проходче-

тивности и увеличения скорости проходки подготовительных выработок является совмещение операций в проходческом цикле, связанных с работой комбайна и крепления выработки [13] при обеспечении безопасности работ.

Одним из вариантов реализации данной задачи может стать механизированная передвижная временная крепь, которая может создать безопасное призабойное пространство над проходческим комбайном и позволить производить анкерное крепление выработки без остановки комбайна и вне зоны его работы [13]. В качестве одного из путей повышения эффективности функционирования проходческого комплекса, увеличения скорости проведения подготовительных и вспомогательных горных выработок при обеспечении безопасности горных работ является предложенная ФИЦ УУХ СО РАН шагающая механизированная крепь и способ проведения подготовительных выработок [14].

Целью данной статьи является определение состава основных операций проходческого комплекса с механизированной шагающей крепью и вариант расчета цикла передвижки механизированной шагающей крепи.

Состав проходческого комплекса для скоростной проходки подземных горных выработок. Предлагается следующий состав механизированного оборудования для построения проходческого комплекса для скоростной проходки: проходческий комбайн с режущим органом избирательного дей-

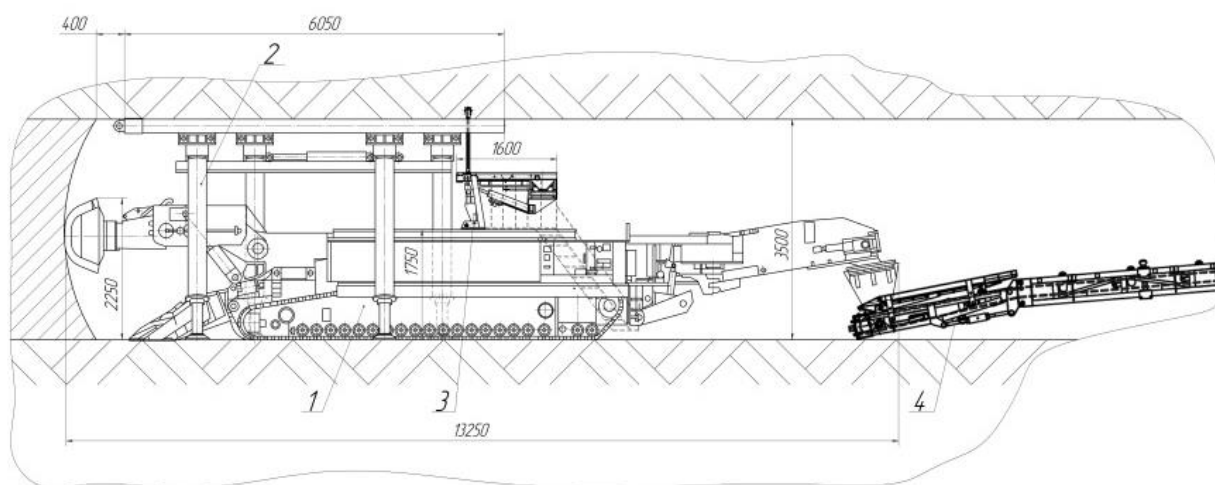


Рис. 1. Вариант проходческого комплекса для скоростной проходки

1 – проходческий комплекс, 2 – механизированная шагающая крепь, 3 – буровой станок с анкероустановщиком, 4 – перегружатель

Fig. 1. An option of a rapid excavation tunneling complex

1 – tunneling complex, 2 – mechanized walking support, 3 – drilling rig with anchor installation, 4 – reloader

ского комбайна, недостаточная механизация отдельных операций проходческого цикла, общая организация работ при проведении выработок значительно снижают темпы проходки. В [12] отмечено, что одним из предопределяемых факторов, влияющих на понижение эффективности проходческих работ, является взаимозависимость по времени работ на выполнение основных и вспомогательных операций. Поэтому актуальной задачей для повышения эффек-

тивности (КП-21, EBZ200C и др. аналоги), механизированная шагающая крепь, буровой станок с анкероустановщиком, транспортное средство по приемке горной массы (телескопический ленточный конвейер, перегружатель, самоходный вагон) (рис.1).

Предлагается в составе проходческого комплекса для скоростной проходки использовать механизированную шагающую крепь, состоящую из двух секций передовой и отстающей, соединенных между собой гидродомкратами передвижки, каждая

из которых содержит траверсы с опорными балками и распорные гидростойки с направляющими. Секции опираются через гидростойки и опоры на почву горной выработки. Механизированная шагающая крепь способна обеспечить самостоятельное движение методом шагания с постоянной поддержкой кровли выработки со скоростью продвижения проходческого комбайна и создает безопасные условия ведения проходческих работ в призабойном пространстве [15].

Исходная расстановка механизированного оборудования проходческого комплекса в забое:

- проходческий комбайн располагается под защитой перекрытия механизированной шагающей крепи, придвинут к забою выработки;

- механизированная шагающая крепь в распоре между почвой и кровлей выработки, при этом отстающая секция установлена с отставанием от передовой не менее чем на шаг передвижки, отставание передовой секции от забоя не более 400 мм, что исключает необходимость установки предохранительной крепи;

- буровой станок с анкероустановщиком установлен на последней от забоя траверсе секции крепи и находится в транспортном положении (ориентирован параллельно траверсе);

- транспортное средство готово к приему отбитой горной массы для транспортирования.

Основные операции проходческого цикла с использованием механизированной шагающей крепи. Несмотря на постоянное совершенствование технических схем проведения подготовительных выработок [1, 5], на скорость проходки и ее эффективность в равной степени продолжают оказывать влияние как технологические, так и организационные факторы, к которым можно отнести наличие немеханизированных процессов и последовательное выполнение операций процесса, требующих остановки проходческого комбайна. Одним из сдерживающих процессов основного проходческого цикла является возведение временной предохранительной крепи в призабойной части горной выработки. Существующая технология при проходке вспомогательных выработок в соответствии с требованиями безопасности предусматривает установку временной предохранительной крепи, под перекрытием которой производится установка решетчатой затяжки, бурение в потолочине шурпов под анкера и установка анкеров при остановленном комбайне. Установка временной крепи в шахтных условиях весьма трудоемка и сопряжена с опасностями, особенно при проходке в сложных условиях в неустойчивых вмещающих породах.

При использовании механизированной шагающей крепи не требуется установка в призабойной части выработки временной крепи, что исключит операцию по ее установке из проходческого цикла и уменьшит простой проходческого комбайна.

Предлагаемый состав основных операций процесса проходческого цикла с применением механизированной шагающей крепи:

- установка и распирание проходческого комбайна в забое;

- вырубка горной массы и зачистка почвы;
- передвижение (шагание) секций механизированной шагающей крепи;
- крепление горной выработки;
- заведение, соединение и прижим решетчатой затяжки;
- бурение шурпов под анкера в кровлю и борта и их установка.

Согласно данному проходческому циклу операция по заведению решетчатой затяжки предполагается производить в призабойной части горной выработки с кратковременной остановкой проходческого комбайна. Операции по бурению шурпов под анкера в кровлю и борта предполагается вывести из зоны забоя и производить в хвостовой части шагающей крепи, совместив с операциями по выемке горной массы проходческим комбайном. Таким образом, операции выемки горной массы и бурения с анкерованием будут разделены в пространстве и совмещены по времени.

Для подтверждения скоростного процесса проходки горной выработки с использованием механизированной шагающей крепи необходимо актуализировать традиционный проходческий цикл путем исключения установки временной предохранительной крепи и введения передвижки (шагания) крепи, позволяющей совмещать операции. Поэтому на первом этапе требуется произвести расчет отдельного цикла передвижки (шагания) механизированной шагающей крепи.

Цикл передвижки механизированной шагающей крепи. Цикл работы механизированной шагающей крепи основан на разработанном алгоритме автономной работы крепи с учетом ее кинематики движения и обеспечивает интеграцию крепи в состав проходческого комплекса.

Время полного цикла передвижки (шагания) механизированной шагающей крепи состоит из передвижки передовой секции и отстающей секции.

$$T_{\text{цпк}} = T_{\text{п}} + T_{\text{о}} \quad (1)$$

Где $T_{\text{п}}$ – время передвижки передовой секции, $T_{\text{о}}$ – время передвижки отстающей секции.

Расчет времени передвижки передовой секции механизированной шагающей крепи:

$$T_{\text{п}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{прп}} + T_{\text{пп}} \quad (2)$$

Где $T_{\text{оп}}$ – время опускания передовой секции, $T_{\text{прп}}$ – время передвижки передовой секции, $T_{\text{пп}}$ – время подъема передовой секции.

Расчет времени передвижки отстающей секции механизированной шагающей крепи:

$$T_{\text{о}} = T_{\text{оо}} + T_{\text{пдо}} + T_{\text{по}} \quad (3)$$

Где $T_{\text{оо}}$ – время опускания отстающей секции, $T_{\text{пдо}}$ – время подтягивания отстающей секции, $T_{\text{по}}$ – время подъема отстающей секции.

Расчет времени опускания (снятия с распора) передвижки (подтягивания), подъема (распор) секций механизированной шагающей крепи был проведен по методике, приведенной в [16].

Для расчета приняты следующие исходные данные: распор передовой (отстающей) секции $L=450\text{мм}(0,45\text{м})$; снятие с распора передовой (отста-

ющей) секции $L=450\text{мм}(0,45\text{м})$; передвижка(подтягивание) передовой (отстающей) секции $L_1 = 1000\text{мм}(1,0\text{м})$; диаметр поршня первой ступени стойки $D_1=190\text{ мм}(0,19\text{м})$; диаметр штока первой ступени стойки $D_2=130\text{мм}(0,13\text{м})$; диаметр поршня домкрата передвижки $D_3=90\text{мм}(0,09\text{м})$; диаметр штока домкрата передвижки $D_4=60\text{мм}(0,06\text{м})$; рукава высокого давления (РВД) для подвода рабочей жидкости DN12($d=12\text{мм}$); область рабочего давления $\Delta P=210\text{-}315\text{бар}$; скорость потока рабочей жидкости (при $\Delta P=210\text{-}315\text{бар}$) $V=6\text{м/с}$.

1. Определение расхода через рукав DN12:

$$Q = \frac{V \times d^2 \times 1,5}{100} \quad (4)$$

2. Время распора (подъема) передовой (отстающей) секции:

$$T_{\text{ПП}} = T_{\text{ПО}} = \frac{L}{V_P} \quad (5)$$

Скорость при распоре (подъеме) передовой(отстающей) секции:

$$V_P = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_1^2} \quad (6)$$

При расчете времени распора необходимо учесть необходимое время до распора принимаем 1,9 с.

3. Время снятия с распора (опускания) передовой(отстающей) секции:

$$T_{\text{ОП}} = T_{\text{ОО}} = \frac{L}{V_{\text{СР}}} \quad (7)$$

Скорость при снятии с распора (опускания) передовой(отстающей) секции:

$$V_{\text{СР}} = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D_1^2 - D_2^2)} \quad (8)$$

4. Время передвижки передовой секции:

$$T_{\text{ПРП}} = \frac{L_1}{V_{\text{ПП}}} \quad (9)$$

Скорость при передвижке передовой секции:

$$V_{\text{ПП}} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_3^2} \quad (10)$$

5. Время подтягивания отстающей секции:

$$T_{\text{ПДО}} = \frac{L_1}{V_{\text{ПО}}} \quad (11)$$

Скорость подтягивания отстающей секции:

$$V_{\text{ПО}} = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D_3^2 - D_4^2)} \quad (12)$$

Согласно проведенному расчету, время передвижки передовой секции $T_{\text{П}} = 0,65\text{ мин}$, время передвижки отстающей секции и отстающей секции, а время полного цикла передвижки (шагания) механизированной шагающей крепи $T_{\text{ЦПК}} = 1,23\text{ мин}$ (табл.).

Цикл передвижки механизированной шагающей крепи будет являться взаимосвязанной операцией с заведением и установкой решетчатой затяжки в совмещенном проходческом цикле. При этом время 1,23 мин является чистым временем цикла передвижки крепи без учета времени на заведение и установку решетчатой затяжки.

Заключение. На основании вышеизложенного материала и проведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Использование механизированной шагающей крепи при проходке подготовительных и вспомогательных подземных горных выработок обеспечит безопасность горных работ в призабойной части выработки, позволит исключить трудоемкие операции по установке временной предохранительной крепи и механизировать отдельные операции проходческого цикла, что приведет к повышению темпов проходки.

2. Шагающий кинематический механизм передвижения механизированной шагающей крепи, обеспечивающий постоянную поддержку кровли, позволяет разделить операции основного проходческого цикла: выемку горной массы и крепление выработки в пространстве, а именно перенести возведение постоянной анкерной крепи за проходческий комбайн при этом совместить их по времени, что обеспечит полноту использования машинного времени проходческого комбайна.

3. Скорость проходки подготовительных и вспомогательных подземных горных выработок при использовании механизированной шагающей крепи определяется производительностью проходческого комбайна и обеспечивается скоростью движения гидроцилиндров подъема и опускания опор и передвижения секций по разработанному алгоритму и циклу передвижки.

Дальнейшее проведение исследований предполагает проведение работ по расчету затраченного времени на каждый процесс, продолжительности

Таблица. Итоговые данные расчета цикла передвижки шагающей крепи.

Table. The final data of the calculation of the cycle of the walking support advancing.

Наименование операции	Ед. изм.	Время
Передвижка передовой секции, в том числе:	мин	0,65
<i>Опускание</i>	с	8,82
<i>Передвижка</i>	с	9,44
<i>Подъем</i>	с	20,65
Передвижка отстающей секции, в том числе:	мин	0,58
<i>Опускание</i>	с	8,82
<i>Подтягивание</i>	с	5,26
<i>Подъем</i>	с	20,65
Цикл передвижки (шагания) механизированной шагающей крепи	мин	1,23

совмещенного проходческого цикла, определение технической скорости проведения выработки и обоснование использования механизированной шагающей крепи для скоростной проходки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нильва Э.Э. Техника и технология горно-подготовительных работ в угольной промышленности / Под ред. Э.Э. Нильвы. – М.: Недра, 1991, – 315с.
2. Егоров А.П. Оценка возможности и эффективности внедрения технологических схем скоростной проходки подземных горных выработок на угольных шахтах / А.П. Егоров, И.А. Кондаков // Уголь. 2019. № 11. С. 22-28.
3. Казанин О.И. Возможности и перспективы скоростного проведения выработок при многоштрековой подготовке выемочных участков на шахтах ОАО «Воркутауголь» / О.И. Казанин, Ю.Н. Долоткин, Г.Д. Задавин // Уголь. 2007. №12. С. 4-8.
4. Баскаков, В.П. Опыт скоростного проведения подготовительных выработок с применением технологии поэтапного крепления / В.П. Баскаков, М.С. Добровольский // Уголь. 2011. № 10. С. 5-8.
5. Кузьминич В.А. Прогрессивные технологические схемы проведения горных выработок / В.А. Кузьминич, М.Д. Горшков, Д.В. Грауле. – ОАО УК «Кузнецкуголь». – Новокузнецк, 2000.– 27 с.
6. Leeming, Jez & Flook, Stephen. (2001). Bolter Miners for Longwall Development. 249.
7. Çopur, H.; Tunçdemir, H.; Bilgin, N.T.; Dinçer, T. Specific energy as a criterion for the use of rapid excavation systems in Turkish mines. Trans. Inst. Min. Metall. 2013, 110, 149-157.
8. Gao, D.; Liu, Y.; Luo, W. The application of speedy drivage system in daliuta coal mine. IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 2019, 490, 62–73.
9. Xie, Zhengzheng & Nong, Zhang & Qian, Deyu & Han, Changliang & An, Yanpei & Wang, Yang. (2018). Rapid Excavation and Stability Control of Deep Roadways for an Underground Coal Mine with High Production in Inner Mongolia. Sustainability. 10. 1160. 10.3390/su10041160.
10. P Ma, D Qian, N Zhang, H Shimada, D Pan, K Huang. Application of Bolter Miner Rapid Excavation Technology in Deep Underground Roadway in Inner Mongolia: A Case Study. Sustainability 2020, 12(7), 2588; <https://doi.org/10.3390/su12072588>
11. Ситников Г.А. Оценка эффективности производства механизированной проходки подземных горных выработок / Г.А. Ситников, С.С. Породин // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: 5-я Международная научно-практическая конференция / Филиал КузГТУ в г. Прокопьевске. – Прокопьевск, 2016. – С. 57-61.
12. Костюк С.Г. Усовершенствование способа подготовки угольного пласта к отработке / С.Г. Костюк, Г.А. Ситников, О.В. Любимов, С.С. Породин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2020. № 2. С.75-86.
13. Шаламанов В.А. Пути повышения технико-экономических показателей комбайновой проходки подготовительных горных выработок / В.А. Шаламанов, А.Ю. Ганин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2003. № 6. С.50-51.
14. Патент 2724816, РФ, МПК E21D 11/00, E21D 19/04, E21C 41/16, E21D 23/00. Способ проведения подготовительной горной выработки и механизированная крепь для его осуществления / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук», В.И. Клишин, Б.А. Анферов, Л.А. Кузнецова, С.М. Никитенко, Ю.В. Малахов, С.И. Мефодьев. – Оpubл. В Б.И., 2020. – № 18.
15. Клишин В.И., Малахов Ю.В., Никитенко С.М., Анферов Б.А. Разработка технических требований к механизированной шагающей крепи в составе горнопроходческого комплекса. Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов – Новокузнецк, 2020. №6. С. 125-131.
16. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: Справочник.-3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение. 1995. – 448с.: ил.

Vladimir I. Klishin^{1,2}, Dr. Sc. in Engineering, Professor, corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, **Yury V. Malakhov**¹, Chief Engineer

¹The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 650000, Russia, Kemerovo city, prospect Sovetskiy, 18

²T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russia

E-mail: yv.malakhov@mail.ru

ORGANIZATIONAL ASPECTS OF HIGH-SPEED DEVELOPMENT OF UNDERGROUND MINE WORKINGS USING POWERED WALKING SUPPORT

Abstract: The use of modern mechanized complexes with high speed advancement of production faces has intensified the problem of development and auxiliary drifts lagging behind. The modern development of the coal

industry sets the task of creating high-performance development complexes which ensure high-speed development of underground mine workings with rock bolting. The analysis of the experience of mine workings development showed that in order to ensure an increase in the rate of development, it is necessary to increase the level of mechanization of individual operations of the mining cycle and to create the work organization plan with the provision of operations overlapping.

In the article, the authors propose an option of the composition of the development complex for high-speed development of underground mine workings using a powered walking support that provides continuous support for the roof of the mine workings. The study reviews the composition of the main operations of the development cycle for using a powered walking support as part of the development complex. It was noted that the use of a powered walking support made it possible to separate the individual operations of the driving cycle in space, while they are overlapped in time. The article gives the calculation of the advancement cycle of the powered walking support without taking into account interconnected operations. The authors defined further directions of work in terms of developing a combined development cycle using a powered walking support and determining the technological speed of mine workings development.

Keywords: powered walking support, development complex, mechanization of development, development cycle, advancing cycle, rate of development, high-speed development, mine working, preparatory working.

Article info: received March 26, 2021

DOI: 10.26730/1816-4528-2021-4-9-15

REFERENCES

1. Nil'va E.E. Tekhnika i tekhnologiya gornopodgotovitel'nyh rabot v ugol'noj promyshlennosti / Pod red. E.E.Nil'vy. – M.: Nedra, 1991, – 315s.

2. Egorov A.P. Ocenka vozmozhnosti i effektivnosti vnedreniya tekhnologicheskikh skhem skorostnoj prohodki podzemnyh gornyh vyrabotok na ugol'nyh shahtah / A.P. Egorov, I.A. Kondakov // Ugol'. 2019. № 11. S. 22-28.

3. Kazanin O.I. Vozmozhnosti i perspektivy skorostnogo provedeniya vyrabotok pri mnogoshtrikovoj podgotovke vyemochnyh uchastkov na shahtah OAO «Vorkutaugol' / O.I. Kazanin, Yu.N. Dolotkin, G.D. Zadavin // Ugol'. 2007. №12. S. 4-8.

4. Baskakov, V.P. Opyt skorostnogo provedeniya podgotovitel'nyh vyrabotok s primeneniem tekhnologii poetapnogo krepleniya / V.P. Baskakov, M.S. Dobrovol'skij // Ugol'. 2011. № 10. S. 5-8.

5. Kuz'minich V.A. Progressivnye tekhnologicheskie skhemy provedeniya gornyh vyrabotok / V.A. Kuz'minich, M.D. Gorshkov, D.V. Graule. – OAO UK «Kuzneckugol'». – Novokuzneck, 2000. – 27 s.

6. Leeming, Jez & Flook, Stephen. (2001). Bolter Miners for Longwall Development. 249.

7. Çopur, H.; Tunçdemir, H.; Bilgin, N.T.; Dinçer, T. Specific energy as a criterion for the use of rapid excavation systems in Turkish mines. Trans. Inst. Min. Metall. 2013, 110, 149-157.

8. Gao, D.; Liu, Y.; Luo, W. The application of speedy drilage system in daliuta coal mine. IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 2019, 490, 62–73.

9. Xie, Zhengzheng & Nong, Zhang & Qian, Deyu & Han, Changliang & An, Yanpei & Wang, Yang. (2018). Rapid Excavation and Stability Control of Deep Roadways for an Underground Coal Mine with High Production in Inner Mongolia. Sustainability. 10. 1160. 10.3390/su10041160.

10. P Ma, D Qian, N Zhang, H Shimada, D Pan, K Huang. Application of Bolter Miner Rapid Excavation Technology in Deep Underground Roadway in Inner Mongolia: A Case Study. Sustainability

2020, 12 (7), 2588; <https://doi.org/10.3390/su12072588>.

11. Sitnikov G.A. Ocenka effektivnosti proizvodstva mekhanizirovannoj prohodki podzemnyh gornyh vyrabotok / G.A. Sitnikov, S.S. Porodin // Perspektivy innovacionnogo razvitiya ugol'nyh regionov Rossii: 5-ya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya / Filial KuzGTU v g. Prokop'evske. – Prokop'evsk, 2016. – S. 57-61.

12. Kostyuk S.G. Uovershenstvovanie sposoba podgotovki ugol'nogo plata k otrabotke / S.G. Kostyuk, G.A. Sitnikov, O.V. Lyubimov, S.S. Porodin // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2020. № 2. S.75-86.

13. Shalamanov V.A. Puti povysheniya tekhniko-ekonomicheskikh pokazatelej kombajnovoj prohodki podgotovitel'nyh gornyh vyrabotok / V.A. Shalamanov, A.Yu. Ganin // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2003. № 6. S.50-51.

14. Patent 2724816, RF, MPK E21D 11/00, E21D 19/04, E21C 41/16, E21D 23/00. Sposob provedeniya podgotovitel'noj gornoj vyrabotki i mekhanizirovannaya krep' dlya ego osushchestvleniya / Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe uchrezhdenie «Federal'nyj issledovatel'skij centr uglya i uglekhimii Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk», V.I. Klishin, B.A. Anferov, L.A. Kuznecova, S.M. Nikitenko, YU.V. Malahov, S.I. Mefod'ev. – Opubl. V B.I., 2020. – № 18.

15. Klishin V.I., Malahov Yu.V., Nikitenko S.M., Anferov B.A. Razrabotka tekhnicheskikh trebovanij k mekhanizirovannoj shagayushchej krep'i v sostave gornoprohodcheskogo kompleksa. Naukoymkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nyh resursov – Novokuzneck, 2020. №6. S. 125-131.

16. Sveshnikov V.K. Stanochnye gidroprivody: Spravochnik.-3-e izd., pererab. i dop. – M.: Mashinostroenie. 1995. – 448s.: il.

Библиографическое описание статьи

Клишин В.И., Малахов Ю.В. Организационные аспекты скоростной проходки подземных горных выработок с использованием механизированной шагающей крепи // Горное оборудование и электромеханика – 2021. – № 4 (156). – С. 9-15.

Reference to article

Klishin V.I., Malakhov Yu.V. Organizational aspects of high-speed development of underground mine workings using powered walking support. Mining Equipment and Electromechanics, 2021, no.4 (156), pp. 9-15.