

# Применение модульного метода для расчета показателей разработки угленасыщенной зоны на разрезах\*

DOI: <http://10.18796/0041-5790-2022-S12-76-81>

## **ХОРЕШОК А.А.**

Доктор техн. наук, профессор,  
директор Горного института ФГБОУ  
«КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия

## **КАЦУБИН А.В.**

Аспирант кафедры ОГР ФГБОУ  
«КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева»,  
генеральный директор ООО «Шахта № 12»,  
650000, г. Кемерово, Россия

## **ДУБИНКИН Д.М.**

Канд. техн. наук, доцент кафедры МСиИ  
ФГБОУ «КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия

## **МАРКОВ С.О.**

Канд. техн. наук, доцент Междуреченского филиала  
ФГБОУ «КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева»,  
652881, Междуреченск, Россия

## **ТЮЛЕНЕВ М.А.**

Канд. техн. наук, доцент кафедры ОГР  
ФГБОУ «КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: [tma.geolog@kuzstu.ru](mailto:tma.geolog@kuzstu.ru)

Привнесение новых технологий, основанных на применении обратных гидравлических лопат, в разнообразные горно-геологические условия угольных месторождений Кузбасса неизбежно ставит ряд научных и практических задач. Одной из них является установление области и границ самостоятельного или совместного применения в угленасыщенной зоне мехлопат и обратных гидравлических лопат, обеспечивая тем самым максимальную прибыль при использовании достоинств того и другого типа оборудования. Задача решения этого вопроса, безусловно, является актуальной. В данной статье авторами предлагается использование модульного метода как инструментария для расчета показателей разработки слоев при совместной работе различных типов выемочно-погрузочного оборудования.

**Ключевые слова:** открытые горные работы, гидравлические экскаваторы, мехлопаты, угленасыщенная зона, породугольная панель, модульный метод.

**Для цитирования:** Применение модульного метода для расчета показателей разработки угленасыщенной зоны на разрезах / А.А. Хорешок, А.В. Кацубин, Д.М. Дубинкин и др. // Уголь. 2022. № 12. С. 76-81. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-76-81.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по Соглашению от 30.09.2022 № 075-15-2022-1198 с ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в рамках Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» (КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс») в рамках реализации мероприятия «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» в части выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

**ВВЕДЕНИЕ**

При рассмотрении слоя угленасыщенной зоны любой структуры в плане расчета показателей выстраивается цепь технологических схем [1, 2, 3, 4]. Важной особенностью такого подхода является возможность замены одного или нескольких звеньев с применением одного из видов оборудования на звено (технологическую схему) с другим видом оборудования. Это свойство, в частности, позволяет рассчитывать показатели разработки слоя при совместной работе разных типов оборудования [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. Такой метод расчета показателей разработки слоев назван нами «модульным». Под модулем понимается технологическая схема производства определенного вида горных работ определенным типом выемочного оборудования. Метод позволяет стандартизировать и упростить расчеты показателей разработки слоев, рассчитывать структуры слоев любой сложности.

**СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МОДУЛЕЙ.  
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Разработка слоев выполняется взаимоувязанным рядом общих и индивидуальных технологических схем, смену которых, по мере отработки заходки, можно представить в виде цепи схем-модулей, взаимоувязанной общей технологической целью. Например, № 1 – проходка разрезной траншеи с выемкой одиночного пласта, № 2 – разработка междупластья, № 3 – выемка двух смежных пластов и т.д. (рис. 1). Для каждого типа оборудования или при их совместной работе количество цепочек и содержание каждого звена (технологической схемы) будут различными. Каждое звено цепи – это самостоятельная технологическая схема, параметры и показатели которой рассчитываются в соответствии с типом применяемого экскаватора, но высота уступа принимается равной высоте горизонтального слоя.

Анализ структур слоев угленасыщенной зоны выявил ограниченное количество технологических схем, но достаточное для разработки слоя любой сложности. Всего для разработки угленасыщенной зоны любым типом выемочно-погрузочного оборудования выполняется пять видов горных работ (в порядке последовательности их производства):

1. Проходка разрезной траншеи с выемкой одного пласта;
2. Проходка разрезной траншеи с выемкой сближенных пластов (от двух и более);
3. Разработка вскрышного уступа по междупластью;
4. Разработка, по мере подвигания фронта работ, породугольной заходки с выемкой одного пласта;
5. Разработка, по мере подвигания фронта работ, породугольной заходки с выемкой сближенных пластов.

Все эти типовые схемы объединяет один признак – разработка объекта на всю высоту слоя угленасыщенной зоны. В определенных узких горно-геологических условиях для каждого типа выемочного оборудования такие схемы применяются на практике.

Более широкое применение имеют схемы с послышной разработкой породных уступов, траншей с выемкой угольных пластов или породугольных заходок как при работе мехлопат, так и обратных гидравлических лопат.

Считаем, что технологические схемы разработки названных выше объектов двумя и более слоями являются вариантами основных схем, т.к. состоят из одинаковых по структуре паспортов забоев. Исходя из вышесказанного, разработана систематизация модулей (см. таблицу).

**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПОРЯДКА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
РАЗРАБОТКИ СЛОЕВ «МОДУЛЬНОЙ» ФОРМУЛОЙ**

Для расчета показателей разработки слоя необходимо: представить графическую схему слоя (рис. 2, а); выбрать оборудование и назначить порядок разработки слоя по данному варианту; прописать в индексах модулей формулу порядка разработки слоя (рис. 2, б, в, г).

Далее может производиться расчет, например, потерь угля при работе мехлопат и гидролопат, а также экономических показателей.

При расчете модулей оценивается взаимное положение двух смежных пластов. Необходимо учесть характер сближенности двух смежных пластов в зависимости от типа выемочного оборудования на проходке разрезной траншеи между пластами: прямая механическая (гидравлическая) и обратная гидравлическая лопаты.

В приведенную систематизацию не включены пологие и слабонаклонные (до 20°) пласты, поскольку подготовка их к выемке и собственно выемка обычно связаны с задействованием бульдозера.

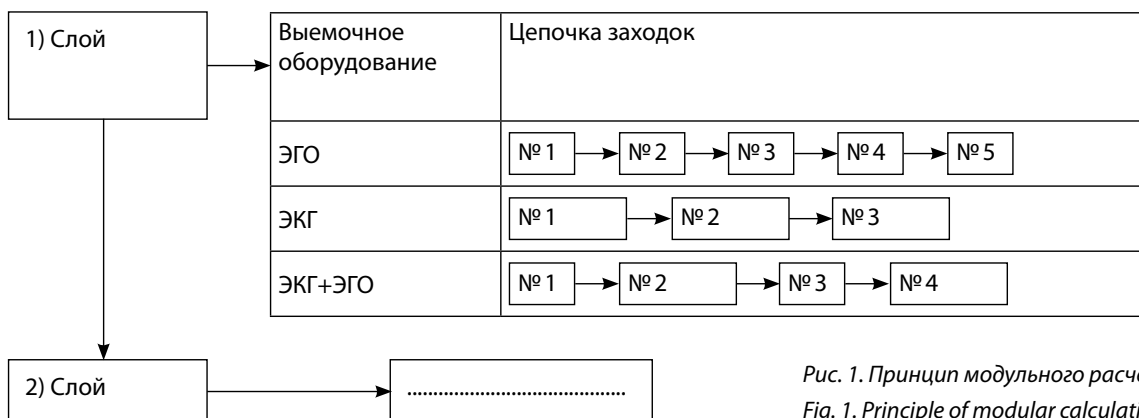


Рис. 1. Принцип модульного расчета слоев  
Fig. 1. Principle of modular calculation of the layers

Систематизация модулей при работе мехлопат и обратных гидролопат  
 Systematization of modules in operation of rope shovels and hydraulic backhoes

Объект разработки	Индекс модуля	Модули
<b>Систематизация модулей ЭКГ</b>		
Траншея с выемкой одного пласта	$Tr_{п.1}^{ЭКГ}$	
Траншея с выемкой сближенных пластов	$Tr_{п.сб}^{ЭКГ}$	
Заходка с выемкой одного пласта	$Z_{п.1}^{ЭКГ}$	
Заходка с выемкой сближенных пластов	$Z_{п.сб}^{ЭКГ}$	
Уступ по междупластью	$M_{п}^{ЭКГ}$	
<b>Систематизация модулей ЭГО</b>		
Траншея с выемкой одного пласта	$Tr_{п.1}^{ЭГО}$	
Траншея с выемкой сближенных пластов	$Tr_{п.сб}^{ЭГО}$	
Заходка с выемкой одного пласта	$Z_{п.1}^{ЭГО}$	
Заходка с выемкой сближенных пластов	$Z_{п.сб}^{ЭГО}$	
Уступ по междупластью	$M_{п}^{ЭГО}$	

В индексах модулей обозначены: ЭКГ – мехлопата; ЭГО – обратная гидравлическая лопата; Tr – проходка траншеи; М – разработка уступа по междупластью; З – разработка заходки с выемкой пласта; п – послынная разработка объекта; 1 – разработка объекта экскаватором с выемкой одного пласта; сб – разработка объекта экскаватором с выемкой сближенных пластов

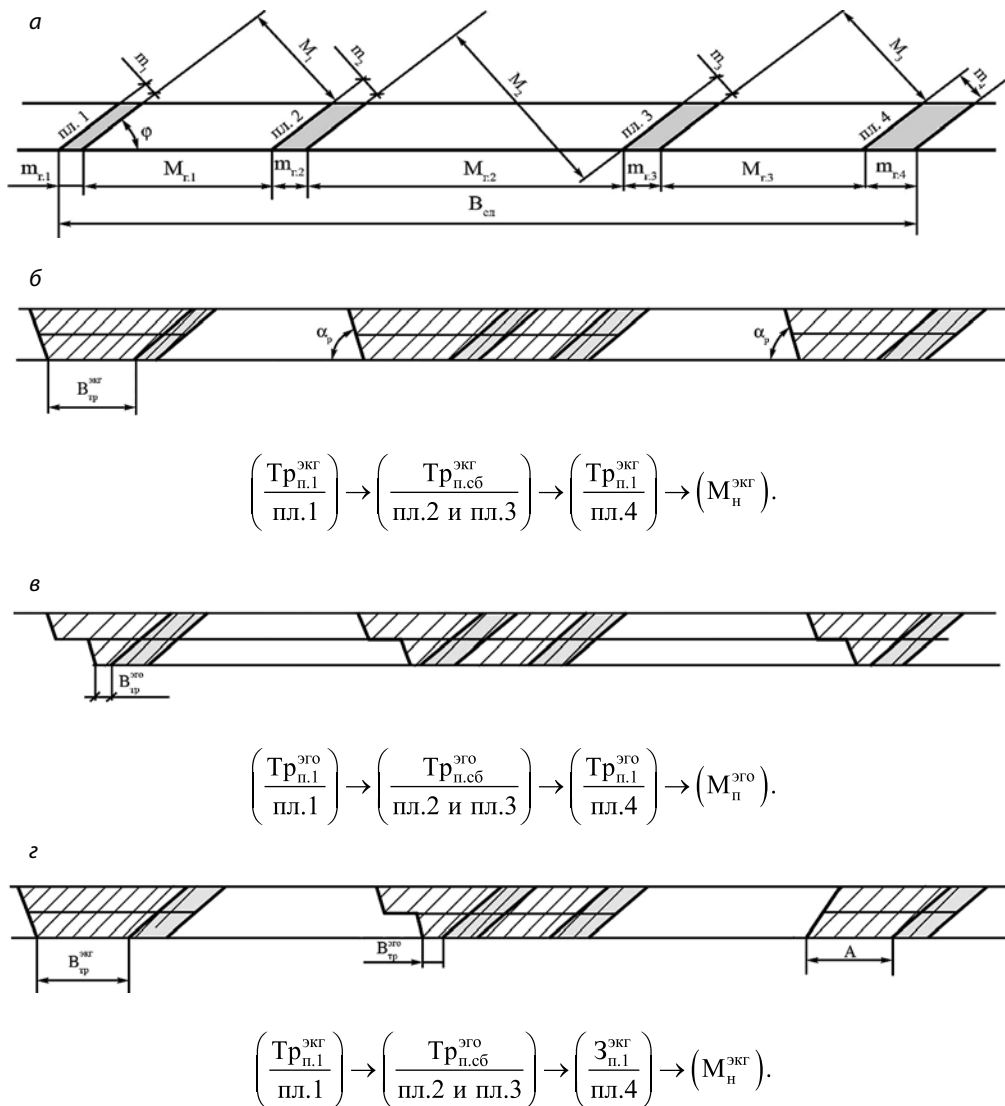


Рис. 2. Планирование и модульные формулы расчета показателей разработки слоя: а – структура и параметры рассчитываемого слоя; б – планирование и модульная формула разработки слоя мехлопатой (ЭКГ); в – планирование и модульная формула разработки слоя обратной гидравлической лопатой (ЭГО); г – планирование и модульная формула разработки слоя при совместной работе ЭКГ и ЭГО.

Fig. 2. Planning and modular equations to calculate the layer excavation indicators: а – structure and parameters of the calculated layer; б – planning and modular equation for the layer excavation with a rope shovel (EKG); в – planning and modular equation for layer excavation with a hydraulic backhoe (EGO); г – planning and modular equation for layer excavation with joint operation of a rope shovel and a hydraulic backhoe

Модульный метод расчета показателей имеет ряд достоинств, в частности, он позволяет: стандартизировать расчеты; просматривать необходимые диапазоны и варианты строения слоев.

По данному методу можно вести расчет показателей разработки слоев при любом взаимном расположении пластов в породугольной панели [15, 16, 17]. Кроме того, есть возможность варьировать параметры выемочно-погрузочного оборудования, в том числе изменять число слоев и их высоту в зависимости от условий погрузки, качественного состава горной массы, рабочих параметров гидролопаты, которые могут меняться в широких пределах из-за использования сменных рукоятей и ковшей; также при расчете можно задаваться дополнительными показателями, учитывающими экологические и иные факторы [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26].

### Список литературы

1. Kolesnikov V., Cehlár M., Tyuleneva E. Overview of excavation and loading operations in the coal-bearing zones at Kuzbass open pit

mines // Journal of Mining and Geotechnical Engineering. 2018. Vol. 2(2). p. 36-50. DOI: 10.26730/2618-7434-2018-2-36-49.

2. Miliy S. Evaluation of technology for development of inclined and steep coal deposits in Kuzbass // Journal of Mining and Geotechnical Engineering. 2020. Vol. 1(8). P. 45-73. DOI: 10.26730/2618-7434-2020-1-45-73.

3. Theoretical Features of Rope Shovels and Hydraulic Backhoes Using at Open Pit Mines / A. Strelnikov, S. Markov, L. Rattmann et al. // E3S Web of Conferences. 2018. Vol. 41. Article 01003. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101003.

4. Study of the backhoe's digging modes at rock face working-out / O. Litvin, V. Makarov, A. Strelnikov et al. // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 105. Article 01024. DOI: 10.1051/e3sconf/201910501024.

5. Использование вскрышных пород для повышения экологической безопасности угледобывающего региона / Е.В. Макридин, М.А. Тюленев, С.О. Марков и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 12. С. 89-102.

6. Kolesnikov V., Janočko J. On the issue of classification of methods and schemes of quarry fields opening // Journal of Mining and Geo-

- technical Engineering. 2020. Vol. 2(9). P. 42-74. DOI: 10.26730/2618-7434-2020-2-42-74.
7. Mining technology with drilling-blasting operations / D. Hrehová, M. Cehlár, R. Rybár et al. / 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference and EXPO – Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, SGEM 2012 1, 675-682.
  8. Özdoğan M., Özdoğan H. Cycle time segments of electric rope shovels – a case study // Scientific Mining Journal. 2019. Vol. 58(1). P. 73-79. DOI: 10.30797/madencilik.537648.
  9. Bumo-Motswaiso K., Suglo R.S. Economic evaluation of materials handling systems in a deep open pit mine // International Journal of Mining and Mineral Engineering. 2022. Vol. 13(1). P. 37-48.
  10. Influence of transport and road complex on the natural-technical system / I. Bosikov R. Klyuev V. Tavasiev et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 918. Article 012223.
  11. Mitrev R., Janošević D., Marinković D. Dynamical modelling of hydraulic excavator considered as a multibody system // Tehnicki Vjesnik. 2017. Vol. 24. P. 327-338. DOI: 10.17559/TV-20151215150306.
  12. Hödaverdi T., Akyildiz O. Investigation of blast fragmentation models in a sandstone quarry // Scientific Mining Journal. 2020. Vol. 59(3). P. 145-156. DOI: 10.30797/madencilik.792386.
  13. Kluyev R.V., Bosikov I.I., Youn R.B. Analysis of the functioning of the natural-industrial system of mining and metallurgical complex with the complexity of the geological structure of the deposit // Sustainable Development of Mountain Territories. 2016. Vol. 8(3). P. 222-230.
  14. Quantitative measures for assessment of the hydraulic excavator digging efficiency / D. Janosevic, R. Mitrev, B. Andjelkovic et al. // Journal of Zhejiang University: Science A. 2012. Vol. 13(12). P. 926-942. DOI: 10.46544/AMS.v27i2.02.
  15. Логинов Е.В., Тюленева Т.А. Управление параметрами карьера в целях повышения эффективности использования гидравлических экскаваторов типа обратная лопата // Уголь. 2021. № 12. С. 6-10. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-12-6-10.
  16. Nieto A., Muncher B. An applied economic assessment and value maximisation of a mining operation based on an iterative cut-off grade optimisation algorithm // International Journal of Mining and Mineral Engineering. 2021. Vol. 12(4). P. 309-326.
  17. Coal Handling Operational Risk Management: Stripped Overburden Transport in Brown Coal Open Pit Mines / M. Vaněk, G.F. Valverde, I. Černý et al. // Acta Montanistica Slovaca. 2020. Vol. 25(2). P. 170-181. DOI: 10.46544/AMS.v25i2.4.
  18. Kiseleva T.V., Mikhailov V.G., Mikhailov G.S. Contemporary trends in improvement of organizational-economic mechanism of environmental management // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 84(1). Article 012044.
  19. Вибрационное воздействие через скважины и технология дегазационной подготовки низкопроницаемого угольного пласта / М.В. Павленко, Н.Г. Барнов, Д.А. Кузиев и др. // Уголь. 2020. № 1. С. 36-40. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-1-36-40.
  20. Assessment process of concept for mining and its impact on the region / M. Cehlár, J. Janočko, Z. Šimková et al. // E3S Web of Conferences. 2017. Vol. 15. Article 01019. DOI: 10.1051/e3s-conf/20171501019.
  21. Bettens S.P., Siegrist P.M., McAree P.R. How do operators and environment conditions influence the productivity of a large mining excavator? // International Journal of Mining and Mineral Engineering. 2022. Vol. 13(1). P. 18-36. DOI: 10.1504/IJMME.2022.10048881.
  22. Influence of Water Treatment Plants on the Ecological Situation in Industrialized Regions / O.I. Volkova, N.A. Zolotukhin, V.M. Zolotukhin et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 543(1). Article 012012.
  23. Ulewicz R., Krstić B., Ingaldi M. Mining Industry 4.0 – Opportunities and Barriers // Acta Montanistica Slovaca. 2022. Vol. 27(2). P. 291-305.
  24. Дубинкин Д.М. Методика определения нагрузок, действующих при погрузке и разгрузке грузовой платформы (кузова) карьерного самосвала // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 3. С. 31-49.
  25. Markov S.O., Murko E.V., Nepsha F.S. Grain size distribution of waste rock masses of Kuzbass coal strip mines // Mining Science and Technology. 2021. Vol. 6(4). P. 259-266. DOI: 10.17073/2500-0632-2021-4-259-266.
  26. Дубинкин Д.М. Основы цифрового создания автономных карьерных самосвалов // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 2. С. 39-50.

Original Paper

UDC 622.271:621.879:658.012.122.001.57 © A.A. Khoreshok, A.V. Katsubin, D.M. Dubinkin, S.O. Markov, M.A. Tyulenev, 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 512, pp. 76-81  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-512-76-81>

#### Title

**USING THE MODULAR METHOD TO CALCULATE THE INDICATORS OF MINING OF THE COAL-BEARING ZONE AT OPENCAST MINES**

#### Authors

Khoreshok A.A.<sup>1</sup>, Katsubin A.V.<sup>1,2</sup>, Dubinkin D.M.<sup>1</sup>, Markov S.O.<sup>3</sup>, Tyulenev M.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gorbachev's Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>2</sup> Mine No. 12 LLC, Kiselevsk, 652718, Russian Federation

<sup>3</sup> Mezhdurechensk Branch of Gorbachev's Kuzbass State Technical University, Mezhdurechensk, 652881, Russian Federation

**Authors Information**

**Khoreshok A.A.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Director of the Mining Institute

**Katsubin A.V.**, Post-graduate student of the Department of Open Pit Mining, General Director

**Dubinkin D.M.**, PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Metal-Cutting Machines and Tools

**Markov S.O.**, PhD (Engineering), Associate Professor,

**Tyulenev M.A.**, PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Open Pit Mining, e-mail: tma.geolog@kuzstu.ru

**Abstract**

Bringing new technologies, based on the use of hydraulic backhoes, in a variety of mining and geological conditions of the coal deposits of Kuzbass, inevitably imposes a number of scientific and practical problems. One of them is to establish the area and limits of independent or joint application in the coal-bearing zone of mechanical (rope) shovels and backhoes, thereby ensuring maximum profit while using the advantages of both types of equipment. The task of solving this issue is certainly relevant. In this article, the authors propose to use the modular method as a tool to calculate the indicators of layer development when different types of excavation and loading equipment work jointly.

**Keywords**

Open-pit mining, Hydraulic shovels, Rope shovels, Coal-bearing zone, Rock and coal panel, Modular method.

**References**

- Kolesnikov V., Cehlár M. & Tyuleneva E. Overview of excavation and loading operations in the coal-bearing zones at Kuzbass open pit mines. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*, 2018, Vol. 2, (2), pp. 36-50. DOI: 10.26730/2618-7434-2018-2-36-49.
- Miliy S. Evaluation of technology for development of inclined and steep coal deposits in Kuzbass. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*, 2020, Vol. 1, (8), pp. 45-73. DOI: 10.26730/2618-7434-2020-1-45-73.
- Strelnikov A., Markov S., Rattmann L. & Weber D. Theoretical Features of Rope Shovels and Hydraulic Backhoes Using at Open Pit Mines. *E3S Web of Conferences*, 2018, (41), Article 01003. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101003.
- Litvin O., Makarov V., Strelnikov A. & Tyuleneva E. Study of the backhoe's digging modes at rock face working-out. *E3S Web of Conferences*, 2019, (105), Article 01024. DOI: 10.1051/e3sconf/201910501024.
- Makridin E.V., Tyulenev M.A., Markov S.O. et al. Utilization of overburden rocks to improve the environmental safety of the coal mining region. *Gorniy informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2020, (12), pp. 89-102. (In Russ.).
- Kolesnikov V. & Janočko J. On the issue of classification of methods and schemes of quarry fields opening. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*, 2020, Vol. 2, (9), pp. 42-74. DOI: 10.26730/2618-7434-2020-2-42-74.
- Hrehová D., Cehlár M., Rybár R. & Mitterpachová N. Mining technology with drilling-blasting operations. 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference and EXPO – Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, SGEM 2012 1, 675-682.
- Özdoğan M. & Özdoğan H. Cycle time segments of electric rope shovels – a case study. *Scientific Mining Journal*, 2019, Vol. 58, (1), pp. 73-79. DOI: 10.30797/madencilik.537648.
- Bumo-Motswaiso K. & Suglo R.S. Economic evaluation of materials handling systems in a deep open pit mine. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 2022, Vol. 13, (1), pp. 37-48.
- Bosikov I., Klyuev R., Tavasiev V. & Gobeev M. Influence of transport and road complex on the natural-technical system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, (918), Article 012223.
- Mitrev R., Janošević D. & Marinković D. Dynamical modelling of hydraulic excavator considered as a multibody system. *Tehnicki Vjesnik*, 2017, (24), pp. 327-338. DOI: 10.17559/TV-20151215150306.
- Hödaverdi T. & Akyildiz O. Investigation of blast fragmentation models in a sandstone quarry. *Scientific Mining Journal*, 2020, Vol. 59, (3), pp. 145-156. DOI: 10.30797/madencilik.792386.
- Kluyev R.V., Bosikov I.I. & Youn R.B. Analysis of the functioning of the natural-industrial system of mining and metallurgical complex with the complexity of the geological structure of the deposit. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2016, Vol. 8, (3), pp. 222-230.

14. Janosevic D., Mitrev R., Andjelkovic B. & Petrov P. Quantitative measures for assessment of the hydraulic excavator digging efficiency. *Journal of Zhejiang University: Science A*, 2012, Vol. 13, (12), pp. 926-942. DOI: 10.46544/AMS.v27i2.02.

15. Loginov E.V. & Tyuleneva T.A. Control of quarry parameters to improve the efficiency of hydraulic backhoes. *Ugol'*, 2021, (12), pp. 6-10. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-12-6-10.

16. Nieto A. & Muncher B. An applied economic assessment and value maximisation of a mining operation based on an iterative cut-off grade optimisation algorithm. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 2021, Vol. 12, (4), pp. 309-326.

17. Vaněk M., Valverde G.F., Černý I. & Hudeček V. Coal Handling Operational Risk Management: Stripped Overburden Transport in Brown Coal Open Pit Mines. *Acta Montanistica Slovaca*, 2020, Vol. 25, (2), pp. 170-181. DOI: 10.46544/AMS.v25i2.4.

18. Kiseleva T.V., Mikhailov V.G. & Mikhailov G.S. Contemporary trends in improvement of organizational-economic mechanism of environmental management. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017, Vol. 84, (1), Article 012044.

19. Pavlenko M.V., Barnov N.G., Kuziev D.A., Kenzhabaev K.N. & Monzoev M.V. Vibration impact through wells and the technology of degassing of the preparation of low-permeability coal seam. *Ugol'*, 2020, (1), pp. 36-40. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-1-36-40.

20. Cehlár M., Janočko J., Šimková Z. & Pavlik T. Assessment process of concept for mining and its impact on the region. *E3S Web of Conferences*, 2017, (15), Article 01019. DOI: 10.1051/e3sconf/20171501019.

21. Bettens S.P., Siegrist P.M. & McAree P.R. How do operators and environment conditions influence the productivity of a large mining excavator? *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 2022, Vol. 13, (1), pp. 18-36. DOI: 10.1504/IJMME.2022.10048881.

22. Volkova O.I., Zolotukhin N.A., Zolotukhin V.M. & Yazevich M.Y. Influence of Water Treatment Plants on the Ecological Situation in Industrialized Regions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, Vol. 543, (1), Article 012012.

23. Ulewicz R., Krstić B. & Ingaldi M. Mining Industry 4.0 – Opportunities and Barriers. *Acta Montanistica Slovaca*, 2022, Vol. 27, (2), pp. 291-305.

24. Dubinkin D.M. A method to determine the loads acting during loading and dumping of the load platform (box) of a mining dump truck // *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*, 2022, (3), pp. 31-49. (In Russ.).

25. Markov S.O., Murko E.V. & Nepsha F.S. Grain size distribution of waste rock masses of Kuzbass coal strip mines. *Mining Science and Technology*, 2021, Vol. 6, (4), pp. 259-266. DOI: 10.17073/2500-0632-2021-4-259-266.

26. Dubinkin D.M. Fundamentals of digital design of autonomous dump trucks. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*, 2022, (2), pp. 39-50. (In Russ.).

**Acknowledgements**

This work was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation under Agreement № 075-15-2022-1198 dated 30.09.2022 with the Gorbachev Kuzbass State Technical University on complex scientific and technical program of full innovation cycle: "Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of solid minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life" (the "Clean Coal – Green Kuzbass" Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle) as part of implementing the project "Development and creation of an unmanned shuttle-type mine truck with a payload of 220 tonnes" in terms of research, development and experimental-design work.

**For citation**

Khoreshok A.A., Katsubin A.V., Dubinkin D.M., Markov S.O. & Tyulenev M.A. Using the modular method to calculate the indicators of mining of the coal-bearing zone at opencast mines. *Ugol'*, 2022, (S12), pp. 76-81. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-76-81.

**Paper info**

Received November 1, 2022

Reviewed November 15, 2022

Accepted November 30, 2022