Оригинальная статья

УДК 622.271:621.879:658.012.122.001.57 © А.А. Хорешок, А.В. Кацубин, Д.М. Дубинкин, С.О. Марков, М.А. Тюленев, 2022

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

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, породоугольная 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, породоугольной заходки с выемкой одного пласта;
5. Разработка, по мере подвигания фронта работ, породоугольной 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 послойной разработкой породных уступов, траншей с выемкой угольных пластов или породоугольных 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.

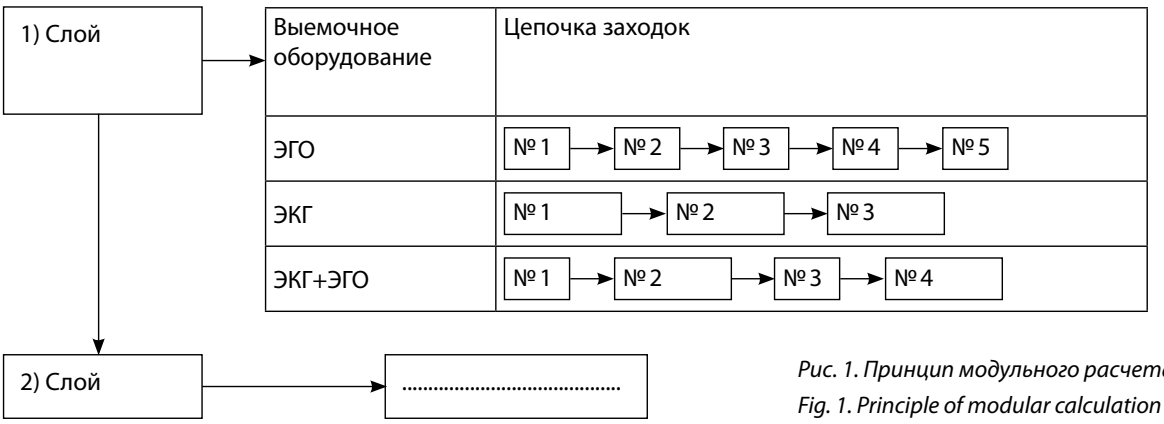
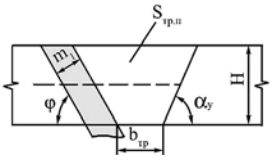
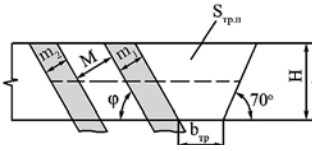
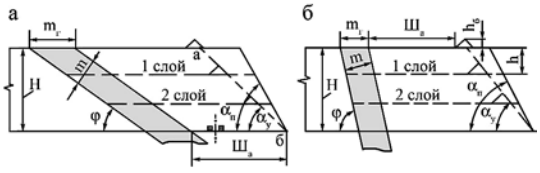
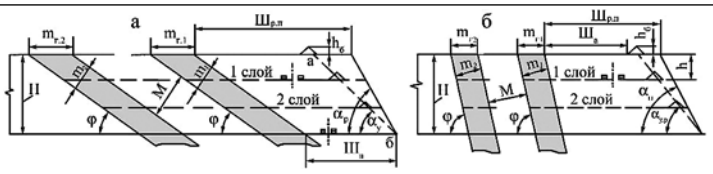
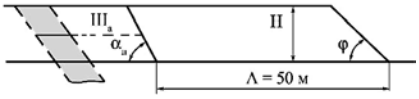
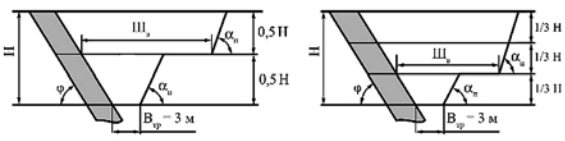
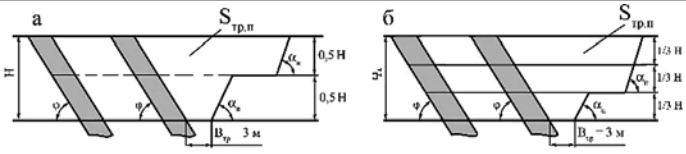
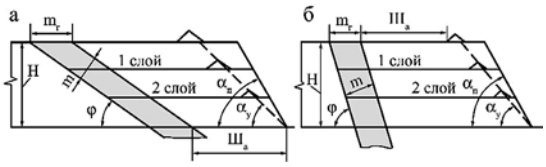
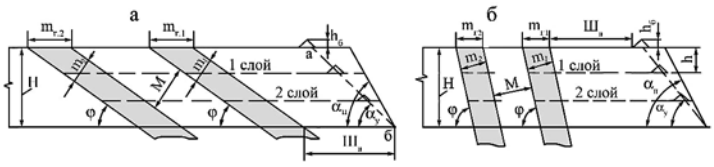
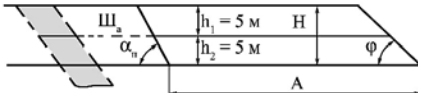


Рис. 1. Принцип модульного расчета слоев

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
Систематизация модулей ЭКГ		
Траншея с выемкой одного пласта	$Тр^{экг}_{п.1}$	
Траншея с выемкой сближенных пластов	$Тр^{экг}_{п.сб}$	
Заходка с выемкой одного пласта	$З^{экг}_{п.1}$	
Заходка с выемкой сближенных пластов	$З^{экг}_{п.сб}$	
Уступ по междупластью	$М^{экг}_{н}$	
Систематизация модулей ЭГО		
Траншея с выемкой одного пласта	$Тр^{эго}_{п.1}$	
Траншея с выемкой сближенных пластов	$Тр^{эго}_{п.сб}$	
Заходка с выемкой одного пласта	$З^{эго}_{п.1}$	
Заходка с выемкой сближенных пластов	$З^{эго}_{п.сб}$	
Уступ по междупластью	$М^{эго}_{н}$	

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

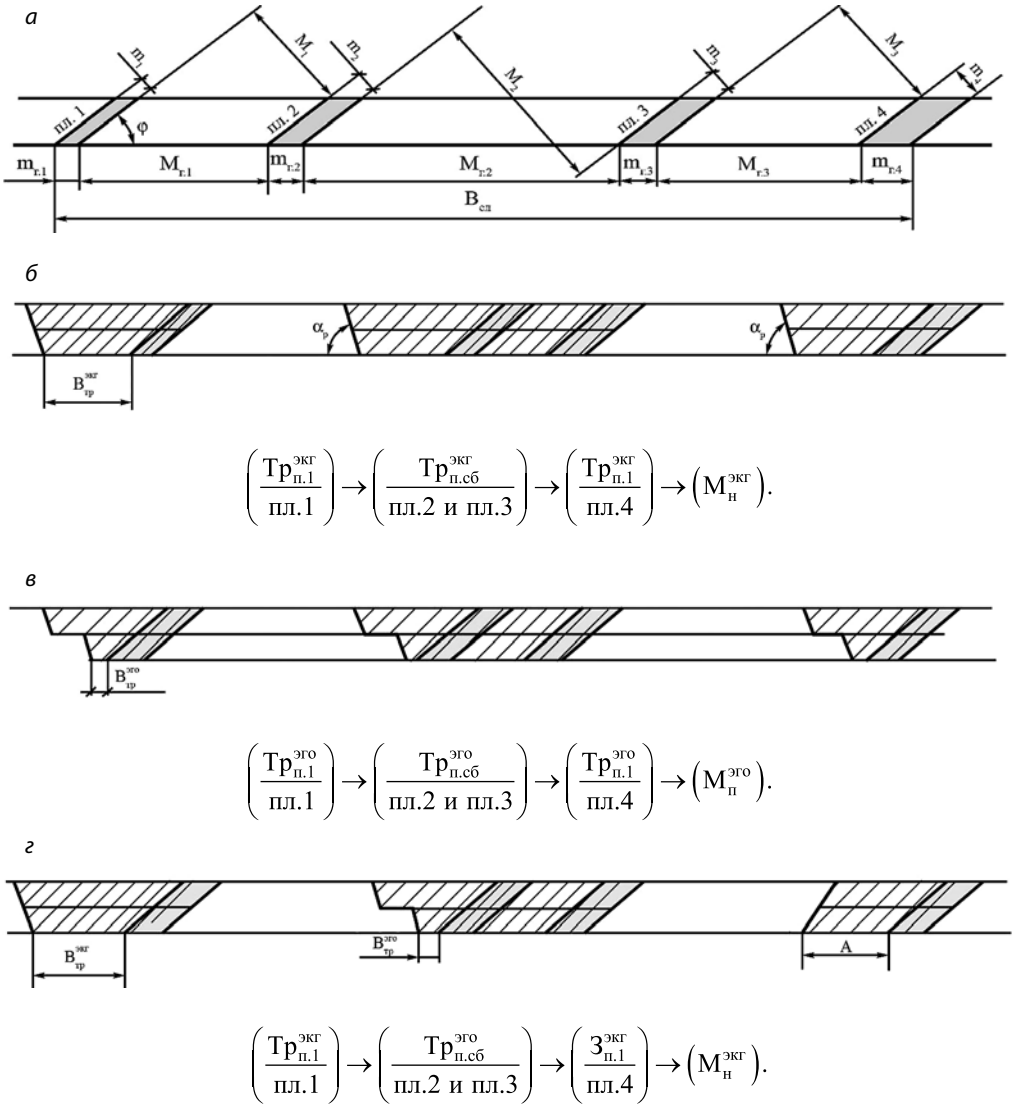


Рис. 2. Планирование и модульные формулы расчета показателей разработки слоя: а – структура и параметры рассчитываемого слоя; б – планирование и модульная формула разработки слоя мехлопатой (ЭКГ); в – планирование и модульная формула разработки слоя обратной гидравлической лопатой (ЭГО); г – планирование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

GEOTECHNOLOGY

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, № S12, pp. 76-81
DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-S12-76-81

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

Authors
Khoreshok A.A.[1], Katsubin A.V.[1,2], Dubinkin D.M.[1], Markov S.O.[3], Tyulenev M.A.[1]
[1] Gorbachev's Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation
[2] Mine No. 12 LLC, Kiselevsk, 652718, Russian Federation
[3] 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
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). pp. 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), pp. 45-73. DOI: 10.26730/2618-7434-2020-1-45-73.
3. 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.
4. 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.
5. 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. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2020, (12), pp. 89-102. (In Russ.).
6. 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.
7. 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.
8. Özdogan M. & Özdogan 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.
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), pp. 37-48.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
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), 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

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

ISSN 0041-5790

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

WWW.UGOLINFO.RU

S12-2022

КНТП «ЧИСТЫЙ УГОЛЬ ЗЕЛЕНЫЙ КУЗБАСС»

*** Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 г. № 1144-р**

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online)

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ **ЖУРНАЛ**

Основан в октябре 1925 года

УЧРЕДИТЕЛИ
МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»

ДЕКАБРЬ
S12-2022 */1162/*

УГОЛЬ

Главный редактор
МОЧАЛЬНИКОВ С.В.
Канд. экон. наук,
заместитель министра энергетики Российской Федерации

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
АРТЕМЬЕВ В.Б.,
доктор техн. наук
ГАЛКИН В.А.,
доктор техн. наук, профессор
ЗАЙДЕНВАРГ В.Е.,
доктор техн. наук, профессор
ЗАХАРОВ В.Н., *чл.-корр. РАН,*
доктор техн. наук, профессор
КОВАЛЬЧУК А.Б.,
доктор техн. наук, профессор
КОЛИКОВ К.С.,
доктор техн. наук
ЛИТВИНЕНКО В.С.,
доктор техн. наук, профессор
МОХНАЧУК И.И., *канд. экон. наук*
ПЕТРОВ И.В.,
доктор экон. наук, профессор
ПОПОВ В.Н.,
доктор экон. наук, профессор
ПОТАПОВ В.П.,
доктор техн. наук, профессор
РОЖКОВ А.А.,
доктор экон. наук, профессор
РЫБАК Л.В.,
доктор экон. наук, профессор
СКРЫЛЬ А.И. *, горный инженер*
СУСЛОВ В.И., *чл.-корр. РАН,*
доктор экон. наук, профессор
ЩАДОВ В.М.,
доктор техн. наук, профессор
ЯКОВЛЕВ Д.В.,
доктор техн. наук, профессор

Иностранные члены редколлегии
Проф. **Гюнтер АПЕЛЬ,**
доктор техн. наук, Германия
Проф. **Карстен ДРЕБЕНШТЕДТ,**
доктор техн. наук, Германия
Проф. **Юзеф ДУБИНЬСКИ,**
доктор техн. наук, чл.-корр. Польской академии наук, Польша
Сергей НИКИШИЧЕВ,
комп. лицо FIMMM,
канд. экон. наук, Великобритания, Россия, страны СНГ
Проф. **Любен ТОТЕВ,**
доктор наук, Болгария

© «УГОЛЬ», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЭК

Никитенко С.М., Гоосен Е.В., Королев М.К., Месяц М.А., Федулова Е.А., Кононова С.А.
Новые угольные технологии: тенденции и перспективы — 4

Щербакова Л.Н., Евдокимова Е.К., Федулова Е.А.
Цифровой вклад энергетического комплекса в диверсификацию и экологизацию — 11

БЕЗОПАСНОСТЬ

Клишин В.И., Опрук Г.Ю., Клишин С.В., Связев С.И.
Поинтервальный гидроразрыв угольного пласта для интенсификации процесса дегазации — 16

Добрынина А.А., Герман В.И., Саньков В.А.
Распознавание промышленных взрывов и слабых природных землетрясений — 23

ОТКРЫТЫЕ РАБОТЫ

Воронов А.Ю., Воронов Ю.Е., Сыркин И.С., Назаренко С.В., Юнусов И.Ф.
Обзор систем безлюдных грузовых перевозок на карьерах — 30

Зыков В.С., Батраков Д.Н., Басарнов А.И., Нестеренко А.И.
Инструментальные исследования надежности критериев опасности массовых взрывов на разрезах Кузбасса для окружающих объектов и среды — 37

Аверин А.П., Харченко А.В.
Критерии оценки негативного воздействия при проведении массовых взрывов на окружающую среду — 44

Стрелецкий А.А., Кубрин С.С.
Необходимость использования метеорологических данных для повышения точности оценки траектории перемещения пылегазового облака, после проведения массовых взрывов — 49

ГОРНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА

Акулов Н.И., Прокопьев С.А., Прокопьев Е.С., Алексеева О.Л.
Самовозгорание техногенно-переотложенных угленосных отложений Кузбасса — 53

Акулова В.В., Прокопьев Е.С., Алексеева О.Л.
Пирогенез угленосных отложений терриконов Кузнецкого бассейна — 60

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ

Черкасова Т.Г., Тихомирова А.В., Черкасова Е.В., Неведров А.В., Панин А.В.
Уголь – сырье для наукоемких отраслей промышленности — 67

Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Папин А.В., Черкасова Е.В., Тихомирова А.В.
Получение пекоподобных продуктов из каменных углей — 72

ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Хорешок А.А., Кацубин А.В., Дубинкин Д.М., Марков С.О., Тюленев М.А.
Применение модульного метода для расчета показателей разработки угленасыщенной зоны на разрезах — 76

Хорешок А.А., Кацубин А.В., Дубинкин Д.М., Кошелев А.В., Федотов А.А.
Обоснование параметров выемочно-погрузочного оборудования для опережающей выемки угольных пластов на разрезах — 82

Добрынина А.А., Саньков В.А., Иванов А.В., Саньков А.В.
Применение методов пассивной сейсмологии для определения параметров угольного разреза — 88

ООО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»
119049, г. Москва,
Ленинский проспект, д. 2А, офис 819
Тел.: +7 (499) 237-22-23
E-mail: ugol1925@mail.ru
E-mail: ugol@ugolinfo.ru

Генеральный директор
Ольга ГЛИНИНА
Научный редактор
Ирина КОЛОБОВА
Менеджер
Ирина ТАРАЗАНОВА
Ведущий специалист
Валентина ВОЛКОВА
Технический редактор
Наталья БРАНДЕЛИС

ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН
Федеральной службой по надзору
в сфере связи и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
ПИ № ФС77-34734 от 25.12.2008

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН
в Перечень ВАК Минобразования и науки РФ
(в международные реферативные базы
данных и системы цитирования) –
по техническим и экономическим наукам

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 1,151
(без самоцитирования – 0,79)
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,71
(без самоцитирования – 0,501)

ЖУРНАЛ ПРЕДСТАВЛЕН
в Интернете на вэб-сайте

www.ugolinfo.ru
www.ugol.info

и на отраслевом портале
«РОССИЙСКИЙ УГОЛЬ»
www.rosugol.ru

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:
Научный редактор И.М. КОЛОБОВА
Корректор В.В. ЛАСТОВ
Компьютерная верстка Н.И. БРАНДЕЛИС

Подписано в печать 30.12.2022.
Формат 60x90 1/8.
Бумага мелованная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 20,0 + обложка.
Тираж 3000 экз. Тираж эл. версии 1600 экз.
Общий тираж 4600 экз.

Отпечатано:
ООО «РОЛИКС ПРИНТ»
117105, г. Москва, пр-д Нагорный, д.7, стр.5
Тел.: (495) 661-46-22;
www.roliksprint.ru
Заказ № 121061

Журнал в **App Store** и **Google Play**

Загрузите в App Store
ЗАГРУЗИТЕ НА Google play

© **ЖУРНАЛ «УГОЛЬ», 2022**

ЭКОНОМИКА

Жидкова Е.А., Харитонов А.В.
Применение ESG при формировании стратегии региона — 94

Бондарев Н.С., Ганиева И.А., Кононова С.А.
Региональное управление экономикой Кемеровской области-Кузбасса в условиях санкций — 106

Бондарев Н.С., Ганиева И.А., Кононова С.А.
Влияние эффекта институциональной блокировки на региональное управление экономическим развитием — 111

Бондарев Н.С., Бондарева Г.С., Ганиева И.А., Кононова С.А.
Региональное управление мобильностью социально-экономических процессов — 116

Рада А.О., Тимофеев А.Е., Кузнецов А.Д., Федулова А.Е., Садиков М.В.
Выявление потенциальных объектов налогообложения на основе геоинформационных систем и нейронных сетей — 120

Михеева Е.А., Жиличева А.Н., Штельмах С.И., Прокопьев Е.С., Чикишева Т.А.
Ценные и потенциально опасные элементы в углях Иркутского бассейна и продуктах переработки угольных отвалов — 127

ЭКОЛОГИЯ

Осинцева М.А., Жидкова Е.А., Просеков А.Ю., Кузнецов А.Д., Рада А.О., Бурова Н.В.
Оценка вегетационного индекса отвалов угольных разрезов на основе данных NDVI — 132

Рада А.О., Кузнецов А.Д., Никитина О.И., Комарова А.А.
Кадастровое обеспечение цифрового управления отходами топливно-энергетического комплекса в регионах России — 142

ИННОВАЦИИ

Рада А.О., Кузнецов А.Д., Зверев Р.Е., Акулов А.О.
Перспективы мониторинга состояния тепловых сетей путем тепловизионного обследования — 149

Рада А.О., Кузнецов А.Д., Зверев Р.Е., Салькова О.С.
Исследование рынка беспилотных летательных аппаратов для цифрового управления в угольной промышленности России — 155

* * *

Журнал «Уголь» представлен в eLIBRARY.RU
Входит в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 1,15 (без самоцитирования – 0,79).

Журнал «Уголь» индексируется
в международной реферативной базе данных и систем цитирования
SCOPUS *(рейтинг журнала Q2)*

Журнал «Уголь» является партнером CROSSREF
Редакция журнала «Уголь» является членом Международной ассоциации по связям издателей / Publishers International Linking Association, Inc. (PILA).
Всем научным статьям журнала присваиваются Digital Object Identifier (DOI).

Журнал «Уголь» является партнером EBSCO
Редакция журнала «Уголь» имеет соглашение с компанией EBSCO Publishing, Inc. (США). Все публикации журнала «Уголь» с 2016 г. входят в базу данных компании EBSCO Publishing (www.ebsco.com), предоставляющей свою базу данных для академических библиотек по всему миру.

Журнал «Уголь» представлен в «КиберЛенинке»
Электронная научная библиотека «КиберЛенинка» (CYBERLENINKA) входит в топ-10 мировых электронных хранилищ научных публикаций и построена на парадигме открытой науки (Open Science), основной задачей которой является популяризация науки и научной деятельности.

Журнал «Уголь» представлен в CNKI Scholar
Платформа CNKI Scholar (http://scholar.cnki.net) – ведущий китайский агрегатор и поставщик академической информации. CNKI имеет наибольшее количество пользователей на рынке академических и профессиональных услуг Китая из более чем 20 тыс. учреждений, университетов, исследовательских институтов, правительств, корпораций, предоставляя им полнотекстовые базы данных CNKI онлайн.

Подписные индексы:
– Интернет-каталог «Пресса России» – **87717; Т7728; Э87717**
– Каталог «Урал-Пресс» – **71000; 87776; 007097; 009901**

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online)

MONTHLY JOURNAL, THAT DEALS WITH SCIENTIFIC, TECHNICAL, INDUSTRIAL AND ECONOMIC TOPICS

Established in October 1925

FOUNDERS
MINISTRY OF ENERGY
THE RUSSIAN FEDERATION,
UGOL' JOURNAL EDITION LLC

DECEMBER
S12' 2022

UGOL' RUSSIAN COAL JOURNAL

UGOL' / RUSSIAN COAL JOURNAL

UGOL' JOURNAL EDITORIAL BOARD

Chief Editor
MOCHALNIKOV S.V.
Ph.D. (Economic),
Deputy Minister of Energy
of the Russian Federation,
Moscow, 107996, Russian Federation

Members of the editorial council:
ARTEMIEV V.B., Dr. (Engineering),
Moscow, 115054, Russian Federation
GALKIN V.A., Dr. (Engineering), Prof.,
Chelyabinsk, 454048, Russian Federation
ZAIDENVARG V.E., Dr. (Engineering), Prof.,
Moscow, 119019, Russian Federation
ZAKHAROV V.N., Dr. (Engineering), Prof.,
Corresp. Member of the RAS,
Moscow, 111020, Russian Federation
KOVALCHUK A.B., Dr. (Engineering), Prof.,
Moscow, 119019, Russian Federation
KOLIKOV K.S., Dr. (Engineering),
Moscow, 119019, Russian Federation
LITVINENKO V.S., Dr. (Engineering), Prof.,
Saint Petersburg, 199106, Russian Federation
MOKHNACHUK I.I., Ph.D. (Economic),
Moscow, 109004, Russian Federation
PETROV I.V., Dr. (Economic), Prof.,
Moscow, 119071, Russian Federation
POPOV V.N., Dr. (Economic), Prof.,
Moscow, 119071, Russian Federation
POTAPOV V.P., Dr. (Engineering), Prof.,
Kemerovo, 650025, Russian Federation
ROZHKOV A.A., Dr. (Economic), Prof.,
Moscow, 119071, Russian Federation
RYBAK L.V., Dr. (Economic), Prof.,
Moscow, 119034, Russian Federation
SKRYL' A.I., Mining Engineer,
Moscow, 119049, Russian Federation
SUSLOV V.I., Dr. (Economic), Prof.,
Corresp. Member of the RAS,
Novosibirsk, 630090, Russian Federation
SHCHADOV V.M., Dr. (Engineering), Prof.,
Moscow, 119034, Russian Federation
YAKOVLEV D.V., Dr. (Engineering), Prof.,
Saint Petersburg, 199106, Russian Federation

Foreign members of the editorial council:
Prof. **Guenther APEL,** Dr.-Ing.,
Essen, 45307, Germany
Prof. **Carsten DREBENSTEDT**, Dr. (Engineering),
Freiberg, 09596, Germany
Prof. **Jozef DUBINSKI,** Dr. (Engineering),
Corresp. Member PAS, Katowice, 40-166, Poland
Sergey NIKISHICHEV, FIMMM, Ph.D. (Economic),
Moscow, 125047, Russian Federation
Prof. **Luben TOTEV,** Dr., Sofia, 1700, Bulgaria

Ugol' Journal Edition LLC
Leninsky Prospekt, 2A, office 819
Moscow, 119049, Russian Federation
Tel.: +7 (499) 237-2223
E-mail: ugol1925@mail.ru
www.ugolinfo.ru

© Ugol' – Russian Coal Journal, 2022

FUEL AND ENERGY COMPLEX OUTLOOK
Nikitenko S.M., Goosen E.V., Korolev M.K., Mesyats M.A., Fedulova E.A., Kononova S.A.
New coal technologies: trends and prospects — 4
Shcherbakova L.N., Evdokimova E.K., Fedulova E.A.
Digital contribution of the energy complex to diversification and green initiatives — 11

SAFETY
Klishin V.I., Opruk G.Yu., Klishin S.V., Svyazev S.I.
Interval hydraulic fracturing of a coal seam to intensify the degassing process — 16
Dobrynina A.A., German V.I., Sankov V.A.
Discrimination of weak natural earthquakes and industrial explosions — 23

SURFACE MINING
Voronov A.Yu., Voronov Yu.E., Syrkin I.S., Nazarenko S.V., Yunusov I.F.
A review of unmanned haulage systems at open-pit mines — 30
Zykov V.S., Batrakov D.N., Basarnov A.I., Nesterenko A.I.
Instrumental studies of reliability of hazard criteria of mass explosions in Kuzbass open-pit mining sites for surrounding objects and the environment — 37
Averin A.P., Kharchenko A.V.
Criteria for assessing the negative impact of mass explosions on the environment — 44
Streleckiy A.A., Kubrin S.S.
The need to use meteorological data to improve the accuracy of estimating the trajectory of a dust and gas cloud after mass explosions — 49

THERMOPHYSICS OF MINING
Akulov N.I., Prokopiev S.A., Prokopiev E.S., Alekseeva O.L.
Spontaneous combustion of technogenic redeposited coal-bearing deposits of Kuzbass — 53
Akulova V.V., Prokopiev E.S., Alekseeva O.L.
Pyrogenesis of coal-bearing deposits of waste heaps Kuznetsk Basin — 60

COAL PREPARATION
Cherkasova T.G., Tikhomirova A.V., Cherkasova E.V., Nevedrov A.V., Papin A.V.
Coal as a raw material for knowledge-intensive industries — 67
Cherkasova T.G., Nevedrov A.V., Papin A.V., Cherkasova E.V., Tikhomirova A.V.
Production of pitch-like products from black coals — 72

GEOTECHNOLOGY
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 — 76
Khoreshok A.A., Katsubin A.V., Dubinkin D.M., Koshelev A.V., Fedotov A.A.
Justification of parameters of excavation and loading equipment for outpacing excavation of coal seams at opencast mines — 82
Dobrynina A.A., Sankov V.A., Ivanov A.V., Sankov A.V.
Application of passive seismology methods to determine the parameters of a coal mine — 88

ECONOMIC
Zhidkova E.A., Kharitonov A.V.
Application of ESG in developing a regional strategy — 94
Bondarev N.S., Ganieva I.A., Kononova S.A.
Regional Economic Management of the Kemerovo Region-Kuzbass under sanctions — 106
Bondarev N.S., Ganieva I.A., Kononova S.A.
The impact of the effect of institutional blocking on the regional management of economic development — 111
Bondarev N.S., Bondareva G.S., Ganieva I.A., Kononova S.A.
Regional mobility management of socio-economic processes — 116
Rada A.O., Timofeev A.E., Kuznetsov A.D., Fedulova E.A., Sadikov M.V.
Identification of potential objects of taxation on the basis of geoinformation systems and neural networks — 120

COAL QUALITY
Mikheeva E.A., Zhilicheva A.N., Shtelmakh S.I., Prokopiev E.S., Chikisheva T.A.
Valuable and potentially hazardous elements in the coals of the Irkutsk basin and products of processing of coal dumps — 127

ECOLOGY
Osintseva M.A., Zhidkova E.A., Prosevkov A.Yu., Kuznetsov A.D., Rada A.O., Burova N.V.
Assessment of the vegetation index of coal mine dumps based on the NDVI data — 132
Rada A.O., Kuznetsov A.D., Nikitina O.I., Komarova A.A.
Cadastral support for digital waste management of the fuel and energy complex in the regions of Russia — 142

INNOVATIONS
Rada A.O., Kuznetsov A.D., Zverev R.E., Akulov A.O.
Prospects for monitoring the state of thermal networks by thermal vision survey — 149
Rada A.O., Kuznetsov A.D., Zverev R.E., Salkova O.S.
Research of the market of unmanned aerial vehicles for digital control in the Russian coal industry — 155