Оригинальная статья

УДК 622.271.5:621.879 © А.А. Хорешок, О.И. Литвин, А.В. Кацубин, Д.М. Дубинкин, С.О. Марков, М.А. Тюленев, 2023

К определению рациональной области применения выемочно-погрузочного оборудования*

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-3-91-95

Геологическое строение Кузбасса является одним из самых сложных в мировой практике. Повсеместные геологические пликативные и дизъюнктивные нарушения, а также невыдержанность пластов по мощности и углу залегания создают значительные трудности при разработке угольных месторождений как подземным, так и открытым способом. С другой стороны, разнородность применяемого при открытой геотехнологии выемочно-погрузочного оборудования (более 50 различных марок экскаваторов – механических лопат, прямых и обратных гидролопат, а также драглайнов) обусловливает проблемы организационного характера. В данной статье на основе анализа работ, выполненных ранее, и практического опыта разрезов Кузбасса представлено краткое описание предпосылок к определению рациональной области применения того или иного вида оборудования, а также приведены факторы, на основе учета которых разработана систематизация послойных технологических схем.

Ключевые слова: *открытые горные работы, гидравлические экскаваторы, угленасыщенная зона, безугольная зона, породоугольная панель, слоевая разработка.*

Для цитирования: К определению рациональной области применения выемочно-погрузочного оборудования / А.А. Хорешок, О.И. Литвин, А.В. Кацубин и др. // Уголь. 2023. № 3. С. 91-95. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-3-91-95.

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

ЛИТВИН О.И.
Канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник кафедры ОГР ФГБОУ ВО «КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия,

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

ДУБИНКИН Д.М.
Канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник научного центра «Цифровые технологии» ФГБОУ ВО «КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия

МАРКОВ С.О.
Канд. техн. наук, доцент Междуреченского филиала ФГБОУ ВО «КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева 652881, г. Междуреченск, Россия

ТЮЛЕНЕВ М.А.
Канд. техн. наук, доцент кафедры ОГР ФГБОУ ВО «КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: tma.geolog@kuzstu.ru

ВВЕДЕНИЕ

Работы по изучению влияния взаимного расположения пластов в свите на технологию ведения горных работ ведутся уже не первое десятилетие [1]. В исследованиях [2, 3, 4, 5, 6] решен ряд задач, в част-

* *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» 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.*

НОЦ КУЗБАСС
Научно-образовательный центр «Кузбасс»

ности, систематизировано строение траншей и уступов, нарезаемых при календарном планировании; представлены ряд базовых схем разработки слоев и алгоритм их выбора и т.д.

Установлено, что рассредоточенное залегание пластов распространено преимущественно при их наклонном залегании на месторождениях центрального и южного Кузбасса. Однако имеется ряд месторождений (например, Кондомское) с крутым рассредоточенным залеганием пластов. Сближенное залегание смежных двух и более пластов в границах свиты имеет ограниченное распространение и, как правило, привязано к крыльям складок наклонного и крутого залегания. В целом залегание пластов в свитах северного, центрального и южного Кузбасса можно характеризовать как смешанное (сближенно-рассредоточенное) [2, 3].

Необходимо подчеркнуть, что структуры слоев угленасыщенной зоны имеют случайный характер [7, 8], поскольку являются продуктами случайных природных факторов: продолжительности и особенностей геологических эпох пермского периода и более поздних тектонических процессов. Единственный объединяющий признак, который может быть принят во внимание, – число пластов в свите.

Если в основу систематизации положить только горно-геологические факторы и принять за основной классификационный признак число пластов, то дополнительные признаки (взаимное положение пластов в свите, угол их залегания, мощность и т.д.) существенно усложнят систематизацию, она будет иметь громоздкий вид, малопригодный к практическому применению. Необходимо будет устанавливать узконаправленные рекомендации по каждому элементу систематизации.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Был выполнен анализ слоев с точки зрения технологии производства горных работ и, конечно, с учетом геологических факторов, из которого следует, что в каждом из слоев имеют место как общие, так и индивидуальные признаки, определяющие технологию производства горных работ.

Все они связаны с выемкой угольных пластов, т.е. добычными работами. Например, могут быть разные схемы подготовки пласта к выемке, порядок разработки пласта; в рамках одной технологической схемы может производиться выемка одного, двух и более пластов.

К общему признаку можно отнести выемку одного пласта при обязательном учете типа выемочной машины и угла залегания. Как частный случай, к общему признаку можно отнести разработку породного уступа.

К индивидуальным признакам можно отнести разработку породоугольных блоков с двумя и более пластами в рамках одной технологической схемы.

Эти признаки, систематизированные в виде технологических схем различной сложности, представляют собой, по сути, графические, а с расчетом параметров и показателей – и экономические модели. Ограничения по параметрам этих моделей могут быть получены на основе анализа геометрии слоев.

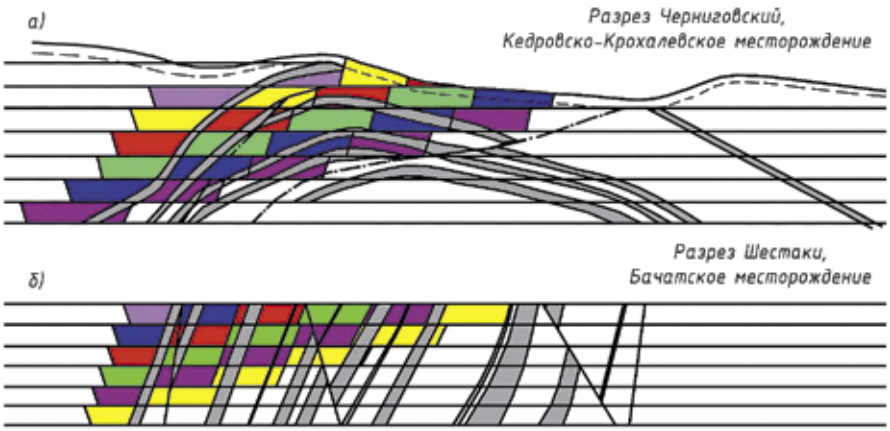
Поэтому приведены в систему элементы свит, состоящие из двух и более близкорасположенных пластов, требующих для разработки индивидуальные технологические схемы.

Поскольку сближенность пластов надо устанавливать по численному значению критерия сближенности, то до этого расчета считаем целесообразным применить термин «близко расположенные пласты», имея при этом в виду, что нормальная мощность междупластья между двумя пластами – не более 25 м. Отметим, что ранее были разработаны и систематизированы технологические схемы для выемки одиночных и сближенных пластов [9].

Но при календарном планировании на разрезах в тот или иной блок, обычно соответствующий годовому объему отработки, часто попадают несколько пластов *(см. рисунок)*.

При отработке такого блока по классической технологии (заходками стандартной ширины) часто возникают случаи, когда мощности пластов и междупластий позволяют вести только попеременную выемку: сначала извлекаются одна-две заходки по породе с зачисткой согласно залегающему угольному пласту, затем отрабатывается пласт на всю длину блока, затем цикл повторяется. Эта технология имеет недостаток, обусловленный конструктивными особенностями применяемого оборудования. Мехлопата менее маневренна и к тому же «привязана» к источнику питания, что обусловливает сравнительно прямолинейное ее движение, а при изменении положения пласта в заходке часть рабочего времени, затрачиваемая на переезды от забоя к забою, существенно увеличивается [10, 11, 12, 13, 14].

Если в известной формуле расчета [15] эксплуатационной производительности мехлопаты коэффициент использования рабочего времени принимается равным 0,7-0,8, то при



Календарное планирование на разрезах «Черниговский» (а) и «Шестаки» (б). Разным цветом отмечены годовые объемы разных лет

Scheduling at Chernigovsky (a) and Shestaki (b) open pit mines. Different colors indicate annual volumes of different years

отработке угленасыщенных зон с непостоянными параметрами залегания пласта его значение падает до 0,55 и ниже [16, 17, 18, 19].

Поэтому предлагается минимизировать данный недостаток путем следующих мероприятий:

по всей ширине выемочной панели производится опережающая выемка пластов обратной гидравлической лопатой на определенную длину блока. Длина блока определяется исходя из конкретных горно-геологических условий, с одной стороны, и требований предприятия (обеспечения необходимого объема добычи) – с другой;

после выемки угольных пластов и преобразования, таким образом, угленасыщенной зоны в безугольную, мехлопата отрабатывает всю оставшуюся часть вскрыши широкой заходкой (или заходками нормальной ширины) с высоким коэффициентом использования рабочего времени и, соответственно, с увеличившейся производительностью;

для отработки мощных междупластий рациональным будет применение механических лопат отечественного или зарубежного производства с большой единичной мощностью и вместимостью ковша от 18 куб. м.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При высоте уступов 10-17 м, соответствующих требованиям эксплуатации мехлопат в безугольной зоне, их разработка в угленасыщенной зоне по конструктивным и эксплуатационным условиям обратных гидравлических лопат предопределяет выемку пластов на блоке технологически взаимоувязанными 3-4 слоями: верхний, средний (средние), нижний – высотой 3-5 м каждый.

Структуру послойных технологических схем рекомендуется выбирать в соответствии с их систематизацией [20, 21], основанной на учете следующих факторов:

– угол залегания, число и мощность пластов и их взаимное расположение с учетом сближенности;

– выемка породы и угля производится нижним черпанием с обнажением пласта со стороны кровли с одновременной зачисткой породоугольного контакта;

– по условию транспортного подъезда разработка верхнего слоя производится с погрузкой на уровне стояния экскаватора; среднего (средних) и нижнего – с нижней погрузкой;

– порядок отработки слоя: продольными на длину блока заходками по породе и по пласту с раздельной подачей автосамосвалов для породы и углевозов; поперечными заходками с раздельной выемкой угля и породы с оперативно-диспетчерским управлением подачи автосамосвалов;

– при работе беспилотных карьерных автосамосвалов в комплексе как с мехлопатами, так и с гидролопатами предполагается некоторая корректировка технологических схем работы оборудования из-за возможности незначительно снизить ширину транспортных берм, автодорог и т.д. [22, 23].

Для обеспечения возможности выделения характерных блоков необходимо построить алгоритм определения идентификационного шифра объекта разработки, поэтому предлагается следующее разделение объектов на возможные варианты их поэлементных составляющих:

- объектом может быть либо траншея, либо заходка;
- необходимо учесть залегание пластов – согласное или несогласное – в первую очередь при разработке заходок, поскольку траншею в подавляющем большинстве случаев проводят с кровли пласта; также учитывается угол залегания пластов;
- определяется сближенность/рассредоточенность пластов;
- определяется количество пластов на блоке (по данным геологических разрезов);
- результатом является идентификационный шифр объекта, для которого разрабатываются (либо уже разработаны) типовые схемы ведения горных работ.

ВЫВОДЫ

Анализ работ, посвященных применению мехлопат, и представленных в них технологических схем позволяет сделать следующие выводы.

1) Высота отрабатываемого породного уступа составляет 10-17 м. Это практически соответствует обычной высоте уступа, принимаемой при проектировании разрезов (10, 12 и 15 м). Такая высота принимается для удобства последующей нарезки уступа или траншеи на слои, отрабатываемые в дальнейшем гидравлическими экскаваторами, имеющими ограниченную глубину копания.

2) Если мехлопата используется на добычных работах, то отрабатываемый пласт является мощным и имеет простое строение. Отработка маломощных пластов ведется валовым способом, что увеличивает потери угля либо повышает себестоимость его добычи из-за возросших затрат на обогащение. Для полноты выемки угольного пласта может применяться слоевая отработка подуступами по 2,5-5 м высотой.

3) При отработке чисто безугольной зоны экскаваторная заходка (ширина траншеи) может достигать значительной величины – 80 и более метров. В этом случае, как правило, используется погрузка на два подъезда с применением кабельных ворот.

В целом же можно сказать, что условия рационального применения мехлопат достаточно узки. На добычных работах их применять нецелесообразно, за исключением случаев отсутствия иных типов экскаваторов либо при разработке особо мощных пластов.

Анализ работ о применении обратных гидролопат показывает значительно большее разнообразие горнотехнических условий работы оборудования. Это разделение отрабатываемого блока (траншеи или заходки) на слои любой высоты; работа в угленасыщенных зонах; отработка угольных пластов, в том числе маломощных, осложненных пликативными и дизъюнктивными нарушениями и т.д.

При отработке угленасыщенных зон и выборе соответствующего оборудования необходимо исходить из возможного изменения годовой производственной мощности участка. Варьируя марками и моделями гидравлических экскаваторов, можно подобрать комплект оборудования, отвечающий требованиям разреза даже при текущем изменении производственной мощности на 10-15% в большую или меньшую сторону.

Список литературы

1. Колесников В.Ф., Кузнецов Б.И., Ташкинов А.С. Технические решения по вскрытию рабочих горизонтов разрезов Кузбасса. Кемерово: Кузбассвузиздат, 1998. 172 с.
2. Стрельников А.В. Типовые паспорта забоев для разработки угленасыщенных зон карьерных полей разрезов Кузбасса обратными гидравлическими лопатами. Часть 1. Общие положения // Техника и технология горного дела. 2019. № 3. С. 4-20. DOI: 10.26730/2618-7434-2019-3-4-20.
3. Стрельников А.В. Типовые паспорта забоев для разработки угленасыщенных зон карьерных полей разрезов Кузбасса обратными гидравлическими лопатами. Часть 2. Паспорта экскаваторных забоев // Техника и технология горного дела. 2019. № 4. С. 4-29. DOI: 10.26730/2618-7434-2019-4-4-29.
4. Опыт и перспективы применения гидравлических экскаваторов при отработке угленасыщенных зон на разрезах Кузбасса / Л.И. Кантович, О.И. Литвин, А.А. Хорешок и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 4. С. 152-160. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-152-160.
5. Технология опережающей выемки наклонных и крутых угольных пластов обратными гидравлическими лопатами / А.В. Кацубин, А.А. Хорешок, М.А. Тюленев и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 11. С. 27-36. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-0-27-36.
6. 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. P. 01003. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101003.
7. On the need to consider the lithological composition of overburden rocks in the design of waste water treatment plants at open pit mines / E. Murko, J. Janočko, E. Makridin et al. // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 315. P. 02013. DOI: 10.1051/e3sconf/202131502013.
8. 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.
9. Колесников В.Ф., Корякин А.И., Стрельников А.В. Технология ведения выемочных работ с применением гидравлических экскаваторов. Кемерово: Кузбассвузиздат, 2009. 143 с.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Справочник. Открытые горные работы / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Виницкий и др. М.: Горное бюро, 1994. 590 с.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. Обоснование параметров выемочно-погрузочного оборудования для опережающей выемки угольных пластов на разрезах / А.А. Хорешок, А.В. Кацубин, Д.М. Дубинкин и др. // Уголь. 2022. № S12. С. 82-87. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-82-87.
21. Применение модульного метода для расчета показателей разработки угленасыщенной зоны на разрезах / А.А. Хорешок, А.В. Кацубин, Д.М. Дубинкин и др. // Уголь. 2022. № S12. С. 76-81. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-76-81.
22. 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. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-3-31-49.
23. Дубинкин Д.М. Основы цифрового создания автономных карьерных самосвалов // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 2. С. 39-50. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.

GEOTECHNOLOGY

Original Paper

UDC 622.271.5:621.879 © A.A. Khoreshok, O.I. Litvin, A.V. Katsubin, D.M. Dubinkin, S.O. Markov, M.A. Tyulenev, 2023
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 3, pp. 91-95
DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-3-91-95

Title
TO DETERMINE THE RATIONAL AREA OF APPLICATION OF EXCAVATION AND LOADING EQUIPMENT

Authors
Khoreshok A.A.[1], Litvin O.I.[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
Litvin O.I., PhD (Engineering), Associate Professor, Senior researcher of the Department of Open Pit Mining
Katsubin A.V., Post-graduate student of theDepartment of Open Pit Mining, General Director
Dubinkin D.M., PhD (Engineering), Associate Professor, Leading researcher of the Scientific center "Digital Technologies"
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
The geological structure of Kuzbass is one of the most complicated in the world practice. Ubiquitous geological plicate and disjunctive disturbances, as well as unstable seams in thickness and dip angle create significant difficulties in developing coal deposits by both underground and open-cut methods. On the other hand, the diversity of excavation and loading equipment used in open-cut mining (more than 50 different models of excavators – rope shovels, hydraulic shovels, backhoes and draglines) causes problems of organizational nature. On the basis of the analysis of the works executed earlier, and practical experience of open pit mines of Kuzbass the brief description of preconditions to definition of rational field of application of this or that kind of the equipment is presented in this article, and also the factors on the basis of which systematization of layer-by-layer technological schemes is developed are resulted.

Keywords
Open-pit mining, Hydraulic excavators, Coal-bearing zone, Coalless zone, Rock and coal panel, Layer-by-layer mining.

References
1. Kolesnikov V.F., Kuznetsov B.I. & Tashkinov A.S. Technical solutions for opening of producing levels in Kuzbass strip mines. Kemerovo, Kuzbassvuzizdat Publ., 1998, 172 p. (In Russ.).
2. Strelnikov A.V. Typical faces passports for the development of coal-bearing zones of Kuzbass quarry fields with backhoes. Part 1. General provisions. *Tekhnika i tehnologiya gornogo dela,* 2019, (3), pp. 4-20. (In Russ.). DOI: 10.26730/2618-7434-2019-3-4-20.
3. Strelnikov A.V. Typical faces passports for the development of coal-bearing zones of Kuzbass quarry fields with backhoes. Part 2. Passports of excavators faces. *Tekhnika i tehnologiya gornogo dela,* 2019, (4), pp. 4-29. (In Russ.). DOI: 10.26730/2618-7434-2019-4-4-29.
4. Kantovich L.I., Litvin O.I., Khoreshok A.A. et al. Experience and prospects of using hydraulic excavators in mining of coal-saturated zones in Kuzbass strip mines. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2019, (4), pp. 152-160. (In Russ.). DOI^ 10.25018/0236-1493-2019-04-0-152-160.
5. Katsubin A.V., Khoreshok A.A., Tyulenev M.A. et al. Technology of advance excavation of inclined and steep coal seams using hydraulic backhoes. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2020, (11), pp. 27-36. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-0-27-36.
6. Strelnikov A., Markov S., Rattmann L. et al. Theoretical Features of Rope Shovels and Hydraulic Backhoes Using at Open Pit Mines. *E3S Web of Conferences,* 2018, (41), pp. 01003. DOI^ 10.1051/e3sconf/20184101003.
7. Murko E., Janočko J., Makridin E. et al. On the need to consider the lithological composition of overburden rocks in the design of waste water treatment plants at open pit mines. *E3S Web of Conferences,* 2021, (315), pp. 02013. DOI: 10.1051/e3sconf/202131502013.
8. 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.
9. Kolesnikov V.F., Koryakin A.I. & Strelnikov A.V. Technology of excavation works using hydraulic excavators. Kemerovo, Kuzbassvuzizdat Publ., 2009, 143 p. (In Russ.).
10. Hödaverdi T. & Akyildiz O. Investigation of blast fragmentation models in a sandstone quarry. *Scientific Mining Journal*, 2020, (59), pp. 145-156. DOI: 10.30797/madencilik.792386.
11. 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.
12. 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, (12), pp. 309-326.
13. Vaněk M., Valverde G.F., Černý I. et al. Coal Handling Operational Risk Management: Stripped Overburden Transport in Brown Coal Open Pit Mines. *Acta Montanistica Slovaca,* 2020, (25), pp. 170-181. DOI: 10.46544/AMS.v25i2.4.
14. 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, (13), pp. 37-48.
15. Reference Book. Trubetskoy K.N., Potapov M.G., Vinitsky K.E. et al. Surface mining. Moscow, Gornoe Buro Publ., 1994, 590 p. (In Russ.).
16. Bosikov I., Klyuev R., Tavasiev V. et al. Influence of transport and road complex on the natural-technical system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,* 2020, (918), Article 012223.
17. 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, (8), pp. 222-230.
18. Janosevic D., Mitrev R., Andjelkovic B. et al. Quantitative measures for assessment of the hydraulic excavator digging efficiency. *Journal of Zhejiang University: Science A,* 2012, (13), pp. 926-942. DOI: 10.46544/AMS.v27i2.02.
19. 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.
20. 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. Ugol', 2022, (S12), pp. 82-87. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-82-87.
21. 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 coalbearing zone at opencast mines. Ugol', 2022, (S12), pp. 76-81. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-76-81.
22. 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.). DOI: 10.26730/1816-4528-2022-3-31-49.
23. Dubinkin D.M. Fundamentals of digital design of autonomous dump trucks. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*, 2022. (2), pp. 39-50. (In Russ.). DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.

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., Litvin O.I., Katsubin A.V., Dubinkin D.M., Markov S.O. & Tyulenev M.A. To determine the rational area of application of excavation and loading equipment. *Ugol',* 2023, 3, pp. 91-95. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-91-95.

Paper info
Received February 2, 2023
Reviewed February 15, 2023
Accepted February 27, 2023

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

ISSN 0041-5790

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

WWW.UGOLINFO.RU

3-2023

НИВА-ХОЛДИНГ

РЕКЛАМА

СЕКЦИЯ КРЕПИ КН-15/30

Филиал УПП «НИВА» -
«Завод горно-шахтного оборудования»
Тел/факс: +375 (174) 26-10-61
e-mail: zgsho@niva.by

Подробнее на стр. 34-36

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»

МАРТ
3-2023 */1165/*

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», 2023

РЕГИОНЫ

Возможность прогнозировать отгрузку угля для заключения и исполнения долгосрочных контрактов — 4

СУЭК поблагодарили за содействие в реализации нацпроекта «Жилье и городская среда» в Красноярском крае — 5

Королева А.
У красноярских предприятий СУЭК достаточный запас прочности — 6

Килин А.Б.
СУЭК в Хакасии – новый максимум отгрузки — 8

Панов М.С.
Новый старт АО «ВоркутаУголь» — 10

Симагаева Н.
Территория жизни — 12

В Якутии в 2023 г. планируется добыть 26 млн т коксующегося угля в Эльгинском угольном комплексе — 14

Горбунов Б.П.
Фирменный сервис БЕЛАЗ в России: эффективнее и доступнее — 16

Воронин М.А., Лукунин В.М., Иванов С.А.
Подземная видеоаналитика — 18

ИНФОРМАЦИЯ И АНАЛИТИКА

Петренко И.Е.
Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2022 года — 21

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

Бублик М.Л., Маленков Д.С., Архипчик А.А.
Эксплуатационные испытания секций крепи КН15/30 — 34

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

ГАЛКИН Владимир Алексеевич *(к 75-летию со дня рождения)* — 37

Федоров А.В., Великосельский А.В., Макаров А.М., Коркина Т.А.
Управление развитием угледобывающего производственного объединения в условиях возрастания неопределенности рыночной среды — 38

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЭК

Цыгляну П.П., Ромашева Н.В., Фадеева М.Л., Петров И.В.
Инжиниринговые проекты в топливно-энергетическом комплексе России: актуальные проблемы, факторы и рекомендации по развитию — 45

Клишин В.И., Рогова Т.Б., Шаклеин С.В., Писаренко М.В.
Стратегические задачи технологического развития угольной отрасли — 52

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ

Лохов Д.С.
Грохот Flip-Flop — 60

Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Папин А.В.
Анализ угольной базы Кузбасса для выбора сырья для технологии получения пеков — 62

Черкасова Т.Г., Черкасова Е.В., Тихомирова А.В., Головачев А.А.
Редкие элементы в отходах углепереработки Кузбасса — 65

ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ

Носов А.А., Карпов Г.Н., Ковальский Е.Р.
Особенности технологии формирования искусственного перекрытия в породах кровли над демонтажной камерой — 69

Кулик А.И., Тимченко А.Н., Костеренко В.Н., Кобылкин С.С.
Особенности моделирования аэрогазодинамики очистного забоя угольной шахты — 75

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 07.03.2023.
Формат 60x90 1/8.
Бумага мелованная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 13,5 + обложка.
Тираж 3300 экз. Тираж эл. версии 1600 экз.
Общий тираж 4900 экз.

Отпечатано:
ООО «РОЛИКС ПРИНТ»
117105, г. Москва, пр-д Нагорный, д.7, стр.5
Тел.: (495) 661-46-22;
www.roliksprint.ru
Заказ № 123470

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

Загрузите в App Store
ЗАГРУЗИТЕ НА Google play

© **ЖУРНАЛ «УГОЛЬ», 2023**

ОТКРЫТЫЕ РАБОТЫ

Черских О.И., Минаков В.С., Назарян С.А.
Повышение операционной эффективности деятельности угольного разреза посредством цифровизации процессов — 79

ЭКОНОМИКА

Овсяник А.И., Гвоздев О.Г., Киселева С.П., Вишняков Я.Д., Шахраманьян М.А.
Теоретические и прикладные аспекты оценки экономического ущерба при изменении плана проведения научных и деловых мероприятий топливно-энергетического комплекса — 85

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Хорешок А.А., Литвин О.И., Кацубин А.В., Дубинкин Д.М., Марков С.О., Тюленев М.А.
К определению рациональной области применения выемочно-погрузочного оборудования — 91

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Симонин П.В., Фоменко Н.М., Кузьмина А.А., Анохин С.А., Курбацкая Т.Б., Соловьева О.А., Курбацкий Н.В., Жигунова Т.С.
Стратегии золотодобывающих компаний, инвестиции в горнодобывающие машины и обеспечение устойчивости национальной экономики в условиях санкций — 96

ЭКОЛОГИЯ

Новоселов С.В., Ремезов А.В.
Проблема определения условно-оптимальных объемов добычи для производственной единицы (шахты, разреза) с учетом экологических ограничений в условиях Кузбасса — 104

Список реклам

Филиал УПП «НИВА» – Завод горно-шахтного оборудования	1-я обл.	АО «ТД «БЕЛАЗ»	15
TAPP Group	2-я обл.	АО «НМЗ «Искра»	33
АО «СУЭК»	3-я обл.	НПП Завод МДУ	61
ООО НПФ «Гранч»	4-я обл.	ООО «МУФТА ПРО»	74

* * *

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. EBSCO имеет партнерские отношения с библиотеками на протяжении уже более 70 лет, обеспечивая содержание исследований качества, мощные технологии поиска и интуитивные платформы доставки.

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. Это третья в мире электронная библиотека по степени видимости материалов в Google Scholar.

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. С 2008 г. китайский агрегатор проиндексировал более 60 тыс. журналов и 400 тыс. электронных книг, трудов более 500 международных издательств, обществ, включая SpringerNature, Elsevier, Taylor & Francis, Wiley, IOP, ASCE, AMS и др.

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

MARCH
3' 2023

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, 2023

CONTENT

REGIONS

A possibility to forecast coal shipments for conclusion and execution of long-term contracts — 4

SUEK was thanked for assistance in the implementation of the national project "Housing and urban environment" in the Krasnoyarsk Territory — 5

Koroleva A.
SUEK's Krasnoyarsk enterprises have a sufficient safety margin — 6

Kilin A.B.
SUEK in Khakassia – a new maximum shipment — 8

Panov M.S.
Dawn of a new day for VorkutaUgol — 10

Simagaeva N.
Territory of life — 12

In Yakutia, in 2023, it is planned to produce 26 million tons of coking coal in the Elginsky coal complex — 14

Gorbunov B.P.
BELAZ branded service in Russia: more efficient and affordable — 16

Voronin M.A., Lukunin V.M., Ivanov S.A.
Underground video analytics — 18

INFORMATION & ANALYTICS

Petrenko I.E.
Russia's coal industry performance for January – December, 2022 — 21

MINING EQUIPMENT

Bublik M.L., Malenkov D.S., Arkhipchik A.A.
Field tests of KN15/30 roof support sections — 34

PRODUCTION SETUP

Galkin Vladimir Alekseevich *(to a 75-anniversary from birthday)* — 37

Fedorov A.V., Velikoselsky A.V., Makarov A.M., Korkina T.A.
Managing the development of a coal mining production association in conditions of increasing market uncertainty — 38

FUEL AND ENERGY COMPLEX OUTLOOK

Tsyglianu P.P., Romasheva N.V., Fadeeva M.L., Petrov I.V.
Engineering projects in the russian fuel and energy complex: actual problems, factors and recommendations for development — 45

Klishin V.I., Rogova T.B., Shaklein S.V., Pisarenko M.V.
Strategic objectives for technological development of the coal industry — 52

COAL PREPARATION

Lokhov D.S.
Flip-flop screens — 60

Cherkasova T.G., Nevedrov A.V., Papin A.V.
Analysis of the Kuzbass coal base for selection of raw materials for the pitch production technology — 62

Cherkasova T.G., Cherkasova E.V., Tikhomirova A.V., Golovachev A.A.
Rare earth elements in Kuzbass coal processing wastes — 65

UNDERGROUND MINING

Nosov A.A., Karpov G.N., Kovalsky E.R.
Features of the technology of forming an artificial mass in the roof rocks above the recovery room — 69

Kulik A.I., Timchenko A.N., Kosterenko V.N., Kobylkin S.S.
Features of modelling aerogasodynamics of coal mine face — 75

SURFACE MINING

Cherskikh O.I., Minakov V.S., Nazaryan S.A.
Improving the operational efficiency of a coal mine through digitalisation of processes — 79

ECONOMIC

Ovsyanik A.I., Gvozdev O.G., Kiseleva S.P., Vishnyakov Ya.D., Shakhramanyan M.A.
Theoretical and applied aspects of economic damage assessment when changing the plan of scientific and business events of the fuel and energy complex — 85

GEOTECHNOLOGY

Khoreshok A.A., Litvin O.I., Katsubin A.V., Dubinkin D.M., Markov S.O., Tyulenev M.A.
To determine the rational area of application of excavation and loading equipment — 91

MECHANICAL ENGINEERING

Simonin P.V., Fomenko N.M., Kuzmina A.A., Anokhin S.A., Kurbatskaya T.B., Solovyeva O.A., Kurbatskiy N.V., Zhigunova T.S.
Strategies of gold mining companies, investment in mining machines and ensuring sustainability of the national economy under sanctions — 96

ECOLOGY

Novoselov S.V., Remezov A.V.
The problem of determining the conditionally optimum volume of production for a production unit (mine, open pit) taking into account environmental limitations in the conditions of Kuzbass — 104