

ТЕХНОЛОГИЯ КОМБАЙНОВОЙ ВЫЕМКИ ТОНКИХ РУДНЫХ ЖИЛ СМЕШАННЫМ ЗАБОЕМ

А.Ю. Чебан

Институт горного дела Дальневосточного отделения РАН, Хабаровск, Россия,
e-mail: chebanay@mail.ru

Аннотация: На месторождениях благородных и цветных металлов существенные запасы сосредоточены в тонких и маломощных рудных телах. В некоторых случаях при добыче ценного минерального сырья промышленный интерес могут представлять тонкие и весьма тонкие рудные тела, в связи с чем появляется необходимость развития горного оборудования и технологий для селективной отработки подобных залежей. Для уменьшения потерь ценного минерального сырья в недрах, уменьшения его разубоживания и увеличения извлечения металла при последующем обогащении рудной массы в ряде случаев необходимо на стадии добычи обеспечить высокоселективную выемку богатой руды. В настоящее время развиваются безвзрывные технологии добычи, обеспечивающие высокоселективную выемку руды с непрерывным контролем ее качества, а также повышение безопасности горных работ и уменьшение отрицательного воздействия на окружающую среду. Проводится анализ способов механической разработки тонких рудных тел с применением горных комбайнов, буровых и цепных агрегатов, гидравлических молотов и другого горного оборудования. В статье предлагается технология разработки тонких крутопадающих жил и приконтактных минерализованных пород с применением горного комбайна с комбинированным оборудованием, включающим фрезерный и ударный исполнительные органы. Технология предусматривает разработку тонкой жилы смешанным забоем с восходящей слоевой селективной выемкой и породной закладкой. Фрезерным исполнительным органом производится рыхление тонкой жилы и формирование вруба, который значительно облегчает процесс последующего скалывания минерализованных пород ударным исполнительным органом, расположенным на телескопической стреле. Предлагаемое технико-технологическое решение позволяет вести опережающее фрезерование локальной богатой зоны и максимально сохранять исходные качественные характеристики ценного минерального сырья, а также обеспечивает значительное снижение энергоемкости выемки.

Ключевые слова: ценное минеральное сырье, селективная выемка, горный комбайн, фрезерный и ударный исполнительные органы, рудная масса, разубоживание, потери, производительность.

Для цитирования: Чебан А. Ю. Технология комбайновой выемки тонких рудных жил смешанным забоем // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 6. – С. 145–152. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_6_0_145.

Mixed work-face narrow vein mining

A.Yu. Cheban

Mining Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia,
e-mail: chebanay@mail.ru

Abstract: Considerable resources of noble and nonferrous metals concentrate in narrow and thin ore bodies. Commercial reserves of valuable minerals can also occur in narrow and very narrow veins. This fact necessitates development of equipment and technologies for selective mining of such bodies. In order to reduce the loss and dilution of valuable minerals during mining, and to increase the recoverability of metals in further processing, sometimes, at the stage of mining, it is required to ensure highly selective extraction of rich ore. At the present time, blastless technologies are being developed for highly selective ore extraction with the continuous quality control at the enhanced mining safety and minimized ecological impact. Mechanization of narrow vein mining using shearers, drilling machines and chain-type machines, hydraulic hammers and other mining equipment is analyzed. This article proposes a technology for mining narrow and steeply dipping veins and contact mineralized rocks using a shearing machine with cutting and percussion tools. The technology provides mixed work-face mining with bottom-up selective slicing and dry backfill. The cutting tool loosens a narrow vein and makes a groove which facilitates further shearing of ore by the percussion tool mounted on an extendable boom. The proposed technology and equipment enables advanced local milling of rich ore at maximum preservation of the initial quality of valuable minerals, and ensures essential reduction in energy requirement of mining operations.

Key words: valuable minerals, selective mining, shearing machine, cutting and percussion tools, ore mass, dilution loss, productivity.

For citation: Cheban A. Yu. Mixed work-face narrow vein mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(6):145-152. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_6_0_145.

Введение

В настоящее время наблюдаются тенденции к усложнению горно-геологических условий отработки месторождений и снижению качества запасов многих видов полезных ископаемых. Анализ минерально-сырьевой базы отечественных месторождений благородных и цветных металлов показывает, что значительные запасы сырья сосредоточены в тонких и маломощных рудных телах. На некоторых золоторудных месторождениях существенная доля запасов содержится в жилах малой мощности, так, на месторождении Качкарь около 60% запасов находится в жилах мощностью 0,4–0,6 м, а на месторождениях Дарасунского рудного поля до 85% запасов сосредоточены в жилах мощностью 0,15–0,4 м [1]. Постепенное истощение минерально-сырьевой базы месторождений вынуждает недропользователей

переходить на отработку маломощных рудных тел, в некоторых случаях при добыче ценного минерального сырья промышленный интерес могут представлять жилы мощностью менее 0,1 м [2]. В этих условиях эффективность применения традиционных способов и технических средств резко снижается, в связи с чем появляется необходимость развития горного оборудования и технологий для селективной отработки маломощных залежей полезных ископаемых, при этом новые и усовершенствованные технологии должны быть основаны на обеспечении принципов безопасности, энергоэффективности, малоотходности и ресурсосбережения [3–5].

Постановка проблемы

Для выполнения принципов ресурсосбережения и малоотходности при разработке маломощных залежей за счет

уменьшения потерь ценного минерального сырья в недрах, уменьшения его разубоживания и увеличения извлечения металла при последующем обогащении рудной массы в некоторых случаях необходимо на стадии добычи обеспечить высокоселективную выемку богатой руды. При взрывной подготовке горного массива к выемке неизбежно перемешивание руды с вмещающими породами, поэтому наиболее качественную селекцию обеспечивают технологии с применением механических средств рыхления и выемки минерального сырья с использованием горных комбайнов различных конструкций, фрезерных машин, буровых агрегатов и другого оборудования [6–12]. Кроме того, безвзрывные технологии добычи обеспечивают возможность ведения непрерывного контроля качества отбиваемой руды, повышают безопасность горных работ и уменьшают негативное экологическое воздействие на окружающую среду [13].

Известны технологии комбинированной разработки маломощных залежей крепких руд с применением выбуривания и последующего взрывания, технологии обеспечивают механическую выемку богатых руд, что позволяет значительно сократить их разубоживание, одновременно создаются компенсационные полости для взрывной отбойки пород [6]. Так, при разработке залежи с применением добычного комбайна КД800Э обеспечивается селективная выемка руды, для этого по оси рудного тела бурятся пилотные скважины в наиболее богатых частях залежи, затем пилотные скважины расширяются с выбуриванием богатых руд, после чего формирование выработок и рыхление оставшейся части рудного тела ведется с применением взрывания.

В работе [8] предлагается устройство для разработки тонких пластов ценных минералов, включающее приводные

станции и бесконечную тяговую цепь с режущими инструментами, позволяющее разрабатывать участки жильных месторождений с зонами окисления богатых сульфидных руд. Для выемки рудной массы проводятся параллельные штреки вдоль простирания пласта ценного минерала, производится установка устройства и последующее выпиливание пласта. Недостатком цепных исполнительных органов является то, что область их применения ограничена породами с прочностью на сжатие до 40–50 МПа.

Более крепкие горные породы возможно разрабатывать фрезерными и ударными исполнительными органами [7, 9]. Горными комбайнами ведется разработка тонких жил и вмещающих пород с прочностью на сжатие до 60–90 МПа и более [10–11]. Недостатком комбайнов при разработке маломощных залежей является значительное разубоживание полезного ископаемого, это связано с тем, что минимальная вынимаемая мощность составляет 0,8–1,0 м, а мощность разрабатываемой тонкой жилы с ценным минеральным сырьем может быть менее 0,1 м [2]. Для уменьшения разубоживания при выемке тонких жил в работе [12] предлагается конструкция добычной установки с автономным выемочным модулем с исполнительным органом в виде двух сдвоенных фрез и системой пневмотранспортирования разрыхленной горной массы, которая позволяет отрабатывать жилы мощностью, равной первым десяткам сантиметров. Значительный напор сдвоенных фрез на забой при компактных размерах оборудования обеспечивается за счет создания гидроцилиндрами распора корпуса в полученной выработке. К недостаткам данного оборудования можно отнести необходимость оставления межкамерных целиков и невозможность изменения траектории движения выемочного

модуля при изменении угла падения рудного тела.

Все более широкое распространение получает ударный способ разрушения, который обеспечивает мощное концентрированное энергетическое воздействие на горные породы [14]. Ударные исполнительные органы позволяют достигать наибольшего эффекта при разрушении хрупких пород, преимуществом ударного способа разрушения перед резанием является более низкая энергоёмкость процесса. Ударные исполнительные органы могут иметь пневматический, гидравлический или электрический (электромагнитный) привод. В горном производстве ударные исполнительные органы успешно применялись при разработке месторождений угля, бокситов, строительных горных пород, многолетнемерзлых россыпей, свинцово-цинковых руд и других полезных ископаемых, при этом прочность на сжатие разрабатываемых пород достигала 60—120 МПа [14—15].

Для повышения эффективности процесса разработки забоев сложного строения, содержащих прочные породные пропластки и твердые включения, в работе [9] предлагается способ, сочетающий фрезерование и разрушение ударом. Способ осуществляется с применением стрелового проходческого комбайна, оснащенного фрезерным и ударным исполнительными органами. Так, при разработке угольного месторождения смешанным забоем, включающим в нижней части тонкий пласт угля, а в верхней части — вмещающие породы большей прочности, первоначально фрезерным органом (режущей головкой) в нижней части забоя образуется вруб на глубину подачи. После чего режущая головка втягивается и осуществляется рыхление вмещающих пород с применением ударного исполнительного органа. Данное технико-технологическое решение позволяет

избирательно, в рациональных режимах производить разрушение отдельных элементов горного массива с обеспечением существенного снижения энергоёмкости работ и увеличения скорости проходки. В работе [15] предлагается конструкция выемочной машины флангового действия для отработки угольных пластов, оборудованной режущим и ударным исполнительными органами, которые одновременно участвуют в работе. Для уменьшения выхода штыба основной объем угля отбивается двумя ударными исполнительными устройствами, а режущий исполнительный орган обеспечивает последовательную отработку верхней и нижней угловых зон забоя. Недостатком выемочных машин, представленных в работах [9, 15], является невозможность селективной выемки тонких пластов мощностью, равной первым десяткам сантиметров, кроме того, проходческий комбайн, представленный в работе [9], не обеспечивает возможность одновременной работы фрезерного и ударного исполнительных органов, а также одновременной погрузки разных типов горной массы.

Целью работы является создание технологии отработки массива, сложенного горными породами относительно невысокой прочности, с применением горного комбайна, обеспечивающего селективную выемку тонких жил мощностью менее 0,1—0,2 м, достаточно высокую производительность за счет одновременной работы фрезерного и ударного исполнительных органов, а также возможность одновременного приема и аккумуляирования горной массы разных типов.

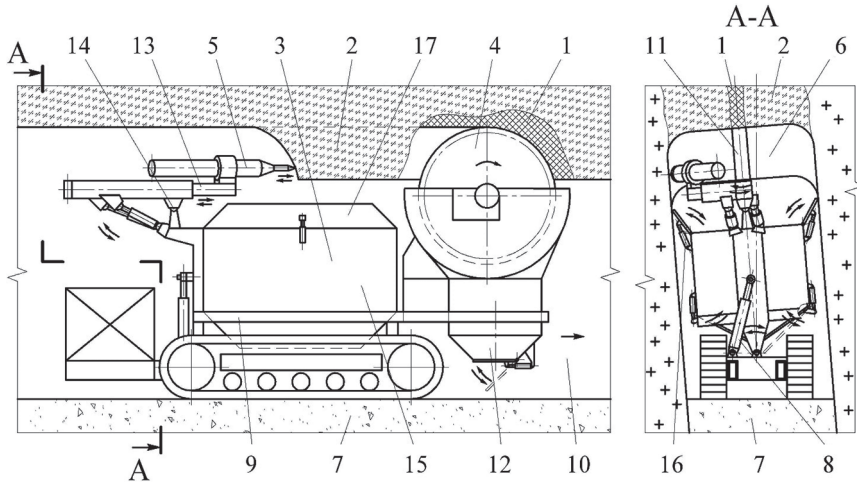
Результаты исследований и их обсуждение

Институтом горного дела Дальневосточного отделения РАН предлагается технология разработки тонких крутопадающих жил 1 и приконтактных

минерализованных пород 2 с применением усовершенствованного горного комбайна 3 с комбинированным оборудованием, включающим фрезерный исполнительный орган 4 и ударный исполнительный орган 5 (рисунок). Технология предусматривает разработку тонкой жилы 1 смешанным забоем 6 с восходящей слоевой селективной выемкой и породной закладкой 7. Управление усовершенствованным горным комбайном 3 осуществляется дистанционно, с применением выносного пульта. Исполнительные органы горного комбайна посредством гидроцилиндра 8 и поворотной рамы 9 ориентируются с учетом угла падения тонкой жилы 1. Работа фрезерного 4 и ударного 5 исполнительных органов осуществляется одновременного при поступательном движении горного комбайна 3 вдоль выработки 10. Для обеспечения высокой энергии удара при небольших размерах оборудования на

комбайне применяется ударный исполнительный орган 5 с гидравлическим приводом. Фрезерным исполнительным органом 4 производится рыхление тонкой жилы 1 и формирование вруба 11 в смешанном забое 6, при этом полученная рудная масса собирается в накопителе 12.

Наличие вруба 11 с двумя дополнительными обнаженными поверхностями смешанного забоя 6 значительно облегчает процесс последующего скалывания минерализованных пород 2 ударным исполнительным органом 5, расположенным на телескопической стреле 13. Телескопическая стрела 13 установлена на поворотной раме 9 на сферическом шарнире 14, что обеспечивает возможность поворота ударного исполнительного органа 5 как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Отбитая минерализованная горная масса сыпается в бункер 15 горного комбайна 3,



Отработка смешанного забоя усовершенствованным горным комбайном: 1 – тонкая жила; 2 – минерализованные породы; 3 – горный комбайн; 4 – фрезерный исполнительный орган; 5 – ударный исполнительный орган; 6 – смешанный забой; 7 – породная закладка; 8 – гидроцилиндр; 9 – поворотная рама; 10 – выработка; 11 – вруб; 12 – накопитель; 13 – телескопическая стрела; 14 – сферический шарнир; 15 – бункер; 16, 17 – поворотные борта

Mixed face mining by an improved mountain combine: 1 – thin core; 2 – mineralized rocks; 3 – mining combine; 4 – milling executive body; 5 – shock executive body; 6 – mixed slaughter; 7 – pedigree bookmark; 8 – a hydraulic cylinder; 9 – rotary frame; 10 – development; 11 – cut; 12 – drive; 13 – telescopic boom; 14 – spherical hinge; 15 – hopper; 16, 17 – swivel sides

оборудованный поворотными бортами 16, 17 для исключения просыпания отбитой породы. Горный комбайн 3 после заполнения накопителя 12 и бункера 15 перемещается к месту разгрузки, где производится донная разгрузка рудной массы и минерализованной горной массы из емкостей. Рудная масса тонкой жилы отправляется на обогатительную фабрику, а минерализованная горная масса после дробления перерабатывается с применением кучного выщелачивания.

Выводы

Предлагаемое технико-технологическое решение позволяет вести селективную выемку тонких рудных жил.

Опережающее фрезерование локальной богатой зоны позволяет существенно увеличить глубину селекции и макси-

мально сохранить исходные качественные характеристики полезного ископаемого, что особенно важно для месторождений руд высокоценного сырья. Обработка массива смешанным забоем с комбинацией режущего и ударного разрушения горных пород с образованием вруба обеспечивает значительное снижение энергоемкости выемки.

Раздельная переработка богатой рудной массы жилы и минерализованных вмещающих пород позволяет получить высокое общее извлечение металла из руд сложноструктурного массива и уменьшить затраты на переработку минерального сырья за счет исключения из технологической схемы процесса измельчения минерализованных вмещающих пород, направляемых на кучное выщелачивание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рогизный В. Ф., Хромов В. М. Селективная выемка маломощных рудных тел с применением малогабаритного самоходного оборудования // Рациональное освоение недр. — 2019. — № 2-3. — С. 88—98.
2. Гораш Ю. Ю. Развитие золотодобычи на Дарасунском руднике // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2004. — № 11. — С. 154—156.
3. Трубецкой К. Н., Шапарь А. Г. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии при открытой разработке месторождений. — М.: Недра, 1993. — 272 с.
4. Jarvie-Eggart M. E. Responsible mining: case studies in managing social & environmental risks in the developed world. Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. 804 p.
5. Gladyr A. V., Miroshnikov V. I., Konstantinov A. V. Software and hardware improvement for the Streltsov ore field geodynamic testing area // E3S Web of Conferences. 2018, vol. 56. Pp. 02012.
6. Михайлов Ю. В., Васильев А. Е., Горный С. В. Подготовка рудного тела к выемке полезного ископаемого комбинированным способом // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2003. — № 8. — С. 114—116.
7. Cheban A. Yu., Khrunina N. P. Intensification of open mining operations with a small distance of transportation of rock mass // International Journal of Engineering Research in Africa. 2018, vol. 38, pp. 100—114.
8. Глотов В. В., Подопрюга В. Е. Авторское свидетельство СССР № 1493781. Устройство для разработки тонких пластов ценного минерала. Оpubл. 15.07.1989.
9. Лабутин В. Н. Применение комбинированного способа разрушения горных пород при проведении выработок смешанным забоем // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. — 2016. — Т. 3. — № 2. — С. 108—113.
10. Mohd I. Variation of production with time, cutting tool and fuel consumption of surface miner 2200 SM 3.8 // International Journal of Technical Research and Applications. 2016, no. 1, pp. 224—226.

11. Чебан А. Ю. Способ и оборудование для открытой разработки маломасштабных крутопадающих месторождений // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. — 2017. — Т. 15. — № 3. — С. 18–23.
12. Чебан А. Ю. Технология доработки рудных тел добычной установкой, оборудованной автономным выемочным модулем // Маркшейдерия и недропользование. — 2019. — № 4. — С. 22–28.
13. Едыгенов Е. К., Васин К. А. Результаты испытаний электромагнитного молота для беззрывного разрушения горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 5. — С. 80–90. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-5-0-80-90.
14. Ocak I., Seker S. E., Rostami J. Performance prediction of impact hammer using ensemble machine learning techniques // Tunnelling and Underground Space Technology. 2018. Vol. 80. Pp. 269–276.
15. Лабутин В. Н. Выемка маломощных угольных пластов комбинированным способом разрушения // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2019. — Т. 2. — № 4. — С. 138–145. **ГИАБ**

REFERENCES

1. Rogiznyy V. F., Khromov V. M. Selective mining of thin orebodies with use compact self-propelled underground equipment. *Ratsional'noe osvoenie nedr*. 2019, no. 2-3, pp. 88–98. [In Russ].
2. Gorash Yu. Yu. Development of gold mining at the Darasunsky mine. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2004, no. 11, pp. 154–156. [In Russ].
3. Trubetskoy K. N., Shapar' A. G. *Malootkhodnye i resursosberegayushchie tekhnologii pri otkrytoy razrabotke mestorozhdeniy* [Low-waste and resource-saving technologies in open pit mining], Moscow, Nedra, 1993, 272 p.
4. Jarvie-Eggart M. E. *Responsible mining: case studies in managing social & environmental risks in the developed world*. Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. 804 p.
5. Gladyr A. V., Miroshnikov V. I., Konstantinov A. V. Software and hardware improvement for the Streltsov ore field geodynamic testing area. *E3S Web of Conferences*. 2018, vol. 56, pp. 02012.
6. Mikhailov Yu. V., Vasiliev A. E., Gorny S. V. Preparation of the ore body for the extraction of minerals in a combined way. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2003, no. 8, pp. 114–116. [In Russ].
7. Cheban A. Yu., Khrunina N. P. Intensification of open mining operations with a small distance of transportation of rock mass. *International Journal of Engineering Research in Africa*. 2018, vol. 38, pp. 100–114.
8. Glotov V. V., Podoprigora V. E. *Patent USSR 1493781*, 15.07.1989. [In Russ].
9. Labutin V. N. Combination method of rock destruction in mix-mode face drivage. *Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornykh nauk*. 2016, vol. 3, no. 2, pp. 108–113. [In Russ].
10. Mohd I. Variation of production with time, cutting tool and fuel consumption of surface miner 2200 SM 3.8. *International Journal of Technical Research and Applications*. 2016, no. 1, pp. 224–226.
11. Cheban A. Yu. Method and equipment for opencast mining of small steeply dipping deposits. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*. 2017, vol. 15, no. 3, pp. 18–23. [In Russ].
12. Cheban A. Yu. Technology of development of ore bodies by extraction installation, equipped by autonomous extensive module. *Marksheyderiya i nedropol'zovanie*. 2019, no. 4, pp. 22–28. [In Russ].
13. Yedygenov Ye. K., Vasin K. A. Test data of electromagnetic hammer for non-explosive rock fracturing. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, no. 5, pp. 80–90. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-5-0-80-90.

14. Ocak I., Seker S. E., Rostami J. Performance prediction of impact hammer using ensemble machine learning techniques. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2018, vol. 80, pp. 269–276.

15. Labutin V. N. Excavation of thin coal seams with a combined method of destruction. *Интерхро Geo-Siberia*. 2019, vol. 2, no. 4, pp. 138–145. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Чебан Антон Юрьевич — канд. техн. наук,
ведущий научный сотрудник, e-mail: chebanay@mail.ru,
Институт горного дела Дальневосточного отделения РАН.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

A. Yu. Cheban, Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher, e-mail: chebanay@mail.ru,
Mining Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,
680000, Khabarovsk, Russia.

Получена редакцией 02.07.2020; получена после рецензии 16.10.2020; принята к печати 10.05.2021.
Received by the editors 02.07.2020; received after the review 16.10.2020; accepted for printing 10.05.2021.



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРНЫХ РАБОТ

(№ 1237/06-21 от 31.03.2021; 13 с.)

Хатухова Дана Владимировна¹ — старший преподаватель, e-mail: dkhatukhova@list.ru,
Шидугов И.Ж.¹ — студент магистратуры, e-mail: shidugovislam@mail.ru,
Атласкиров А.Б.¹ — студент магистратуры, e-mail: azamat.atlaskirov@mail.ru,
Закаев И.М.¹ — студент магистратуры, e-mail: inal-zakaev@mail.ru,
Жангуразова А.Т.¹ — студент магистратуры, e-mail: amik22031997@gmail.com,
¹ Кабардино-Балкарский государственный университет.

По мере отработки месторождений приходится осваивать все более глубокие горизонты и залежи в неблагоприятных горно-геологических условиях. Это сопровождается ростом интенсивности негативных проявлений горнотехнических условий, что требует надежного информационного обеспечения горных работ. С ростом затрат на энергоресурсы и материалы резко ухудшается экономическое состояние производства. Для обеспечения рентабельной работы необходим поиск новых резервов на основе цифровизации, новых подходов к методам и средствам управления.

Ключевые слова: проектирование горных работ, блочные модели, роботизация процессов горных работ, дистанционный мониторинг, экскаваторы, цифровая модель рельефа, географические информационные системы, подтопления, система автономного питания, солнечные батареи.

IMPROVEMENT OF HARDWARE SYSTEMS FOR MINING RESEARCH

D. V. Khatukhova¹, Senior Lecturer, e-mail: dkhatukhova@list.ru,
I. Zh. Shidugov¹, Student, A. B. Atlaskirov¹, Student, I. M. Zakaev¹, Student, A. T. Zhangurazova¹, Student,
¹ Kabardino-Balkarian State University, 360004, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia.

Currently, as the deposits are being developed, it is necessary to develop ever deeper horizons and deposits in unfavorable mining and geological conditions. This is also accompanied by an increase in the intensity of negative manifestations of mining conditions, which requires a constant increase in the role of reliable information support for mining operations. With the growth of costs for energy resources and materials, there is a sharp deterioration in the economic state of production. To ensure profitable work, it is necessary to search for new reserves based on digitalization, new approaches to methods and means of management.

Key words: mining design, block models, robotization of mining processes, remote monitoring, excavators, digital elevation model, geographic information systems, flooding, autonomous power system, solar panels.