УДК 622.273

В.В. Сергеев, С.О. Версилов, А.Р. Ефимов

СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПИТАТЕЛЯ И ПУТЕЙ ИХ УЛУЧШЕНИЯ

Рассмотрены использование железобетонных (адаптивных) питателей, их преимущества по сравнению с другими выпускными устройствами, эволюция их развития и варианты при повышении эффективности и безопасности отработки месторождений твердых полезных ископаемых при подземной добыче с применением вариантов систем разработки с обрушением и выпуском руды под налегающими породами. Предложены пути для улучшений адаптивных железобетонных питателей (ЖБП): плавный переход от малого к большому окну выпуска при использовании ЖБП, особенности менеджмента горного предприятия при использовании ЖБП, Методы повышения прибыли горного предприятия при использовании ЖБП, методы снижения разубоживания при использовании ЖБП, влияние горнотехнических условий на коэффициент подобия формы при использовании ЖБП, адаптация применяемых систем разработки с доставкой руды силой взрыва к использованию ЖБП, модернизация ЖБП с помощью полупроводниковых датчиков для замера, оценки и дистанционной отправки данных в выработку в реальном времени.

Ключевые слова: месторождения твердых полезных ископаемых, система разработки с обрушением, выпуск руды, выпускное устройство, адаптация выпускного устройства к горно-теологическим условиям отработки, окно выпуска, менеджмент горного предприятия, полупроводниковые датчики.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-185-193

Как известно, одно из возможных решений проблемы отработки наклонных рудных залежей — применение высокопроизводительных и безопасных систем разработки с обрушением, в том числе с торцевым выпуском руды.

Главными достоинствами вариантов систем разработки с торцевым выпуском являются, в числе прочего [1, 2]:

- простота и оптимальное соответствие параметров системы разработки новому буровому и погрузочно-транспортному оборудованию;
- возможность сочетания массовой добычи руды с селективной ее выемкой по сортам;
- возможность увеличения производительности труда;
- высокая скорость извлечения запасов.

Одной из основных проблем, при разработке технологических вариантов такой системы, является организация основного технологического процесса — выпуска руды. Для широкого внедрения технологии с обрушением руды и вмещающих пород созданы и создаются выпускные устройства (питатели различных конструкций и оградительно-передвижные крепи).

Одним из способов повышения качественных показателей выпускаемой

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 2. С. 185–193.
© В.В. Сергеев, С.О. Версилов, А.Р. Ефимов. 2018.

руды является управляемый выпуск, целью которого является формирование фигуры выпуска, близкой по форме к обрушенному слою. Для этой цели разрабатываются различные виды питателей [3, 4, 5].

Относительно новый подход — использование адаптивных (в том числе, поршневых) питателей, изготавливаемых из железобетона или аналогичных материалов непосредственно на месте применения (в забое), с учетом конкретных горно-геологических условий [6, 7].

Основными преимуществами адаптивных железобетонных питателей являются [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]:

• возможность изготовления в конкретных горнотехнических условиях для конкретного, оптимального сечения выработки;

• возможность раздельной доставки в любую часть рудного поля материалов и оборудования для его изготовления, по выработкам малого поперечного сечения рудной шахты;

• изготовление перекрытия, выполненного в виде опалубки с установленной в ней арматурой и заполненной твердеющей смесью, непосредственно в месте использования, без необходимости его перемещения;

• установка направляющих для передвижения питателя, предотвращающих возможность застревания в выработке;

• использование скреперной дорожки, предотвращающее разрушение почвы выработки скрепером, установка направляющего канала;

• снижение потерь и разубоживания, снижение затрат на проходку выработок (вследствие уменьшения их сечения);

• резкое снижение стоимости изготовления и монтажа (по сравнению с другими выпускными устройствами);

• возможность использовать рассматриваемые питатели как одноразовые вследствие чрезвычайно низкой стоимости их изготовления — гораздо большие затраты вызвало бы их перемещение (что, например, необходимо при использовании металлического горного оборудования).

За последние несколько лет были разработаны несколько вариантов таких питателей. Реальное изготовление и испытание в подземных условиях Урупского рудника (ЗАО «Урупский горно-обо-

Рис. 1. Внешний вид первого адаптивного железобетонного питателя в шахте

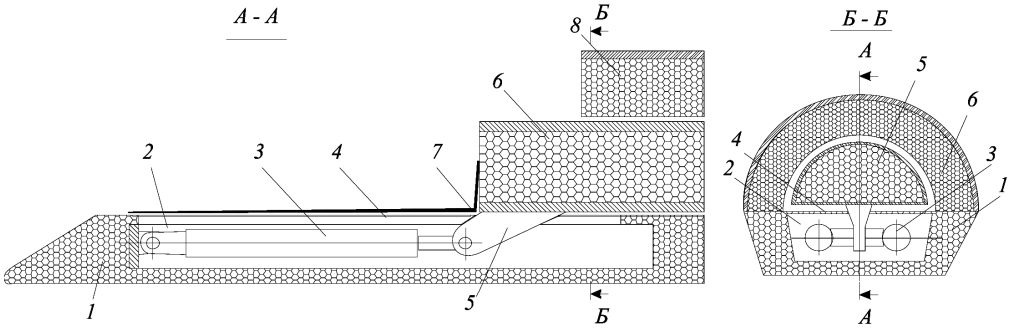

Рис. 2. Поршневой питатель: 1 — рама; 2 — канал для размещения гидроцилиндров; 3 — гидроцилиндры; 4 — металлическое перекрытие с отверстием; 5, 6 — рабочий орган; 7 — перекрывающий козырек; 8 — перекрытие

гатительный комбинат») показало хорошие результаты и перспективы применения [8].

Поршневые питатели претерпели значительное развитие.

Поршневой питатель [9], состоящий из основания, перекрытия и рабочего органа, приводимого в действие гидроцилиндрами. Все основные конструктивные элементы питателя выполнены из железобетона (рис. 1).

Питатель снабжен рамой и установленными в раме гидроцилиндрами, соединенными своими штоками с рабочим органом. Рама *1*, перекрытие канала рамы *4* и рабочий орган *6* выполнены в виде опалубки, в которую устанавливают арматуру и заполняют твердеющей смесью. В канал *2* рамы *1* устанавливают гидроцилиндры *3*, штоки которых связаны с рабочим органом *6* посредством закладных элементов, установленных на нем. Рама *1* и перекрытие *4* имеют дополнительную металлическую армировку в местах сопряжения с рабочим органом *6*. Опалубку рабочего органа *6* выполняют металлической.

Достоинством этого технического решения является то, что устройство может быть изготовлено непосредственно в конкретных горнотехнических условиях для конкретного сечения выработки [10, 11]. При этом материалы и оборудование для его изготовления доставляют раздельно в любую часть рудного поля.

Устройство для выпуска руды [12], располагается в доставочной выработке и включающее рабочий орган и перекрытие, выполненное в виде опалубки с установленной в ней арматурой и заполненной твердеющей смесью, канал с установленным в нем гидроцилиндром привода, шток которого соединен с рабочим органом (рис. 3).

Устройство для торцевого выпуска руды является неотъемлемой частью горной выработки, когда почва данной выработки выполняет функции рамы. После проходки достаточной выработки в дни-

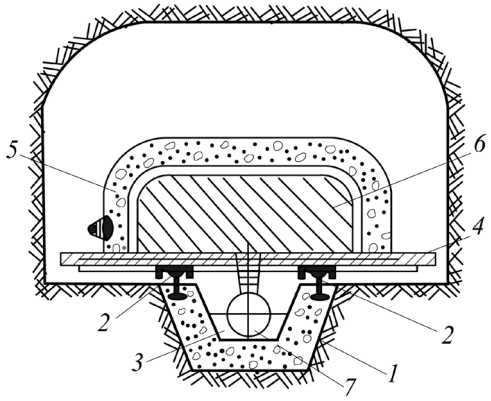

Рис. 3. Устройство для выпуска руды: 1 — траншея; 2 — направляющие; 3 — канал; 4 — подвижное основание; 5 — перекрытие; 6 — рабочий орган; 7 — гидроцилиндр

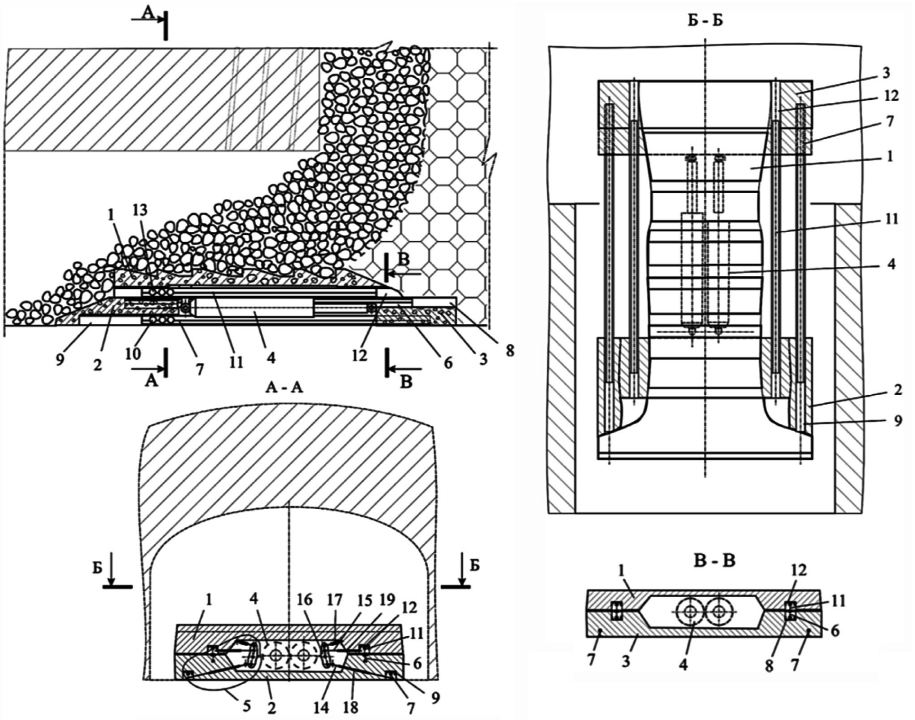

Рис. 4. Устройство для выпуска руды: 1 — рабочий орган; 2 — опалубка передней части; 3 — опалубка хвостовой части; 4 — гидроцилиндры; 5 — стопорные устройства; 6, 7 — направляющие; 8, 9 — пазы; 10 — отверстия; 11, 12 — направляющие; 13 — отверстия; 14, 15 — стержни; 16 — серьги; 17 — гидроцилиндры; 18, 19 — трубы

ще блока для торцевого выпуска отбитой руды производят изготовлений грузонесущих конструкций устройства — питателя активного действия.

Данная технология позволяет изготавливать выпускное устройство непосредственно в соответствии с конкретными горнотехническими условиями для любого сечения доставочной выработки, осуществлять доставку материалов и оборудования для питателя в любую часть рудного поля по выработкам малого поперечного сечения рудной шахты. Направляющие для передвижения питателя предотвращают возможность застревания устройства в выработке, а заранее изготовленная скреперная дорожка предотвращает разрушение почвы выработки скрепером.

Далее была разработана более совершенная конструкция [13] (рис. 4).

Указанная выше конструкция питателя дает возможность снизить затраты на добычу руды за счет упрощения процесса изготовления, максимальной адаптации к конкретным горнотехническим условиям применения, упрощения демонтажа.

Экономический эффект, кроме снижения потерь и разубоживания, может быть получен за счет существенного снижения затрат на проходку выработок вследствие уменьшения их сечения. Низкая стоимость изготовления и монтажа адаптивных питателей позволит снизить время их использования.

Также был разработан другой вариант железобетонного питателя [14] (рис. 5).

Эта конструкция полностью исключает заклинивание питателя в выработке благодаря наличию направляющего канала, более управляема, так как выдви-

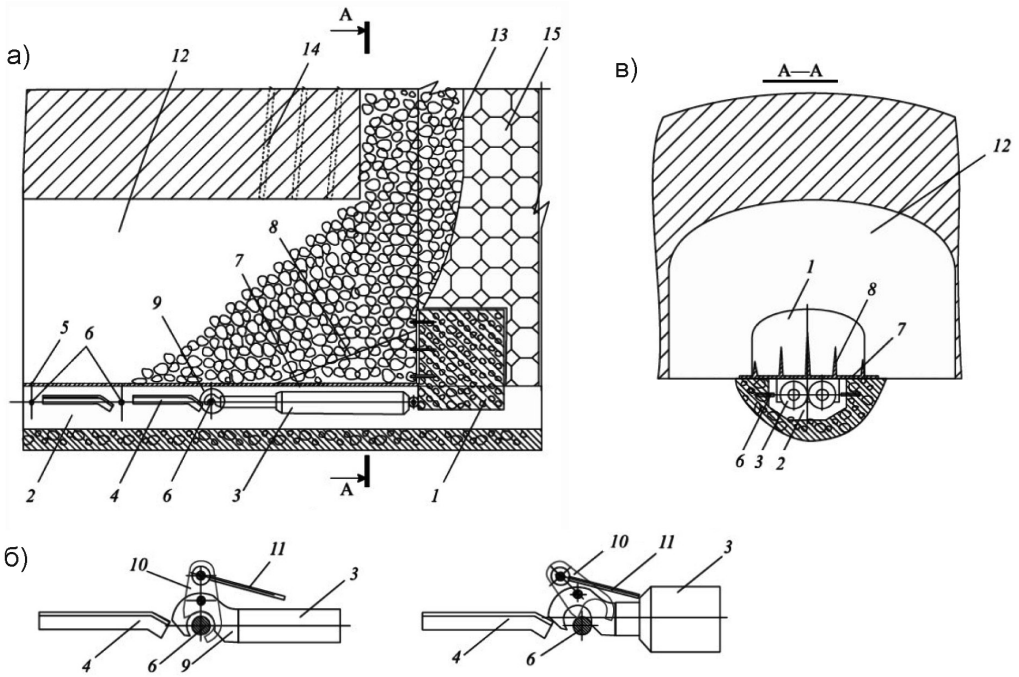

Рис. 5. Устройство для выпуска руды: 1 — рабочий орган; 2 — канал; 3 — гидроцилиндр; 4 — направляющие; 5 — разборное перекрытие; 6 — фиксатор; 7 — настил; 8 — ребра жесткости; 9 — крюкообразный механизм; 10 — защелка; 11 — толкатель; 12 — буродоставочная выработка; 13 — руда; 14 — скважины; 15 — пустая порода

жение питателя из-под навала не связано с состоянием (плотностью) породы за питателем. Конструкция питателя стала проще и менее материалоемкой, а работа — надежней.

Также был проведен поиск целого ряда улучшений в питателях, что было отражено в научных работах. Благодаря этому их эффективность заметно выросла, однако еще многое можно доработать. Каждое следующее улучшение адаптивных питателей повысит эффективность и безопасность их использования.

Предлагаются следующие ближайшие пути для улучшений адаптивных железобетонных питателей (далее также — ЖБП):

- Плавный переход от малого к большому окну выпуска при использовании ЖБП.

Первоначально в рамках работы над питателем предполагалось использовать двухстадийный процесс выпуска, чтобы полнее использовать полезную руду. В начале выпуск производился через малое, а затем через большое окно. Однако для более полного использования полезной руды предполагается плавно менять окно выпуска, переходя от малого к большому окну. Это позволит снизить долю пустой породы, одновременно увеличив полноту использования полезной. По предварительным прикидочным оценкам, это позволит увеличить объем общего использования полученной руды на 5—10%. Основная задача исследования — определить наиболее целесообразную кривую или график, по которому будет меняться перемещение рабочего органа железобетонного питателя и увязка их с высотой выпускаемого слоя и формой рабочего органа с учетом горнотехнических условий.

• Особенности менеджмента горного предприятия при использовании ЖБП.

Благодаря использованию железобетонных питателей будет решено большое количество задач. Это будет включать в себя уменьшение количества нарезных работ, а также многопоточное использование одновременно нескольких питателей (как в одной, так и в разных секциях). Также уменьшение размеров технических и других выработок из-за исчезновения необходимости устанавливать, а затем разбирать и перемещать габаритное металлическое оборудование (металлические питатели, оградительно-передвижные крепи и т.п.). Все указанное, благодаря снижению разгрузки на предприятие и на его сотрудников, позволит провести оптимизацию графика работы и напряженности труда на горном предприятии, увеличить скорость и эффективность подготовки недр к разработке.

• Методы повышения прибыли горного предприятия при использовании ЖБП.

В условиях рыночной экономики, все предприятия, в том числе, безусловно, горнорудной промышленности, заботятся о максимизации прибыли. Повышение удельной прибыли предприятия в числе прочего возможно и за счет использования железобетонных питателей (вместо других вариантов горизонтального размещения оборудования под навалом руды). Разработка математических методов и их использование для улучшения бизнес-структуры горного предприятия представляется чрезвычайно актуальной.

• Методы снижения разубоживания при использовании ЖБП.

Как известно, увеличение глубины заглубления питателя приводит к уменьшению площади потерь в плоскости оси выпускной выработки и к ее росту во фронтальной плоскости. При этом потери будут изменяться благодаря изменяющимся размерам гребней на почве выработки. В ранее рассматривавшихся работах разубоживание условно рассматривалось как неименное, тем не менее, это не совсем так. Уменьшение разубоживания, в том числе, с учетом оптимального установления величины гребней, представляется весьма нужным и целесообразным.

• Влияние горнотехнических условий на коэффициент подобия формы при использовании ЖБП.

Как известно, коэффициент подобия формы выработки и соотношение размеров железобетонного питателя грубо устанавливается в диапазоне от 2 до 3 в зависимости от конкретных горнотехнических условий. Более точной методики определения указанного соотношения в настоящее время не зафиксировано. Очевидно, что увеличение разницы между самой выработкой и питателем снизит затраты на изготовление питателя и используемые гидроцилиндры, однако снизит эффективность использования питателя и повысит разубоживание и потери в гребнях. Соответственно, установление оптимального, указанного выше соотношения, позволит повысить эффективность отработки рудных залежей.

• Адаптация применяемых систем разработки с доставкой руды силой взрыва к использованию ЖБП.

Уже давно используемые системы разработки с доставкой руды силой взрыва позволили сделать технологию отработки наклонных рудных залежей более эффективной и безопасной, несмотря на целый ряд присутствующих общеизвестных недостатков, присущих технологическим вариантам с восходящей выемкой (концентрация горного давления; разрушение кровли очистных камер, приводящее к разубоживанию рудных запасов породами кровли; увеличение объема нарезных работ в очистных блоках по мере опускания горных работ из-за понижения горизонтов и другие).

Использование ЖБП позволит, не меняя полностью системы разработки (следовательно, тем самым снижая затраты на переподготовку персонала, на изучение ранее не использовавшихся на этом руднике технологий и т.п.), получить значительную часть ранее рассмотренных преимуществ. Основной задачей исследований будет, как уже было указано, адаптация применяемых систем к использованию ЖБП.

• Модернизация ЖБП с помощью полупроводниковых датчиков для замера, оценки и дистанционной отправки данных в выработку в реальном времени.

Использование полупроводниковых датчиков для улучшения и уточнения работы питателя представляется чрезвычайно актуальным. Размещать датчик при этом нужно не под навалом руды, а там, где поршень двигает питатель, прямо рядом с поршнем, прикрытым металлической пластиной. Тогда датчик нужно будет прикрыть только от «мелочи», мелких обломков, и то, если они вообще попадут под поршень и датчик. Датчик необходимо использовать беспроводной, питание датчика организовать от батареек, сделать крепкую герметичную пластиковую крышку.

Данные передавать дистанционно, например, через Wi-fi. В таком случае можно передавать данные на расстоянии до 100 м. Датчик должен будет определять, где полезная порода, а где пустая. Самое сложное — чтобы датчик зондировал породу, но известно, что зондирование и сканирование пластов давно осуществляются.

Результаты будут ценными в случае оперативного химического анализа горной массы по всей площади выпускного отверстия.

В следующих работах мы разовьем и детализируем указанные предложения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агошков М. И., Иофин С. Л., Будько А. В., Бурмин Г. М. и др.* Обобщение опыта и оценка перспектив широкого применения вариантов систем разработки с торцовым выпуском руды // Горный журнал. — 1983. — № 6. — С. 34—38.

2. *Encina V., Méndez D., Caballero C., Osorio H.* New approach for rapid preparation of block caving mines. Mining technology, transactions of the institutions of mining and metallurgy: Section A, 2010, Vol. 119, Issue 3: Block and Sublevel Caving, pp. 162—167.

3. *Терпогосов З. А.* Основание блоков и механизация выпуска руды. — М.: Недра, 1977. — 179 с.

4. *Шкарпетин В. В.* Исследование особенностей истечения руды при торцовом вибрационном выпуске. Т. 27. — Л.: Гипроникель, 1966. — С. 216—232.

5. *Hambley D. F.* Design of ore pass systems for underground mines. CIM Bulletin, 1987, Vol. 80, No. 897.

6. *Barry H. G.* Brady, E.T. Brown rock mechanics: for underground mining. Springer Science & Business Media, 2013 г. — 571 p.

7. *Skinner, Eugene H.* Structural uses and placement techniques for lightweight concrete in underground mining. Bureau of mines report of investigations. 1990 RI 9266.

8. *Версилов С. О.* Обоснование рациональных технологий с обрушением для комплексного использования запасов наклонных рудных залежей: диссертация на соиск. степени доктора технич. наук: 05.15.02. Новочеркасский техн. университет — Новочеркасск, 1996. — 232 с.

9. *Шестаков В. А., Версилов С. О., Сергеев В. В., Игнатов В. Н., Дулин А. Н., Волков Ю. Н.* А.с. (СССР) 1559160 Устройство для выпуска руды. М. Кл5. E21 F 13/00. Опубл. в Б.И., 1990, № 15.

10. *Версилов С. О., Игнатов М. В., Сергеев В. В., Ефимов А. Р.* Обоснование параметров арочного перекрытия железобетонного питателя / Труды СКГМИ (ГТУ), вып. 15. — Владикавказ, 2008. — С. 249—252.

11. *Сергеев В.В.*, *Ефимов А.Р.* Поиск технического решения повышения технологичности разгрузки руды из блока с торцевым выпуском и экологии региона размещения подземного рудника // Вестник МАНЭБ. — 2008. — № 3. — Т. 13. — С. 156—165.

12. *Шестаков В.А., Сергеев В.В., Игнатов В.В., Версилов С.О. и др.* А.с. (СССР) 1754908. Устройство для торцового выпуска руды. М. Кл5. Е21 F 13/00. Опубл. в БИ 1992, № 30.

13. *Сергеев В.В.*, *Версилов С.О.* О перспективах применения и совершенствовании адаптивных питателей для выпуска руды // Горное оборудование и электромеханика. — 2015. — № 2. — С. 3—6.

14. *Сергеев В.В.*, *Версилов С.О.* Адаптивные передвижные питатели пассивного действия // Горное оборудование и электромеханика. — 2015. — № 6. — С. 3—6. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Сергеев Вячеслав Васильевич — доктор технических наук,
профессор, e-mail: vv_sergeev_47@mail.ru,
Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет),
Версилов Сергей Олегович — доктор технических наук,
профессор, e-mail: versilov@bk.ru,
Южно-Российский государственный политехнический университет
(НПИ) имени М.И. Платова,
Ефимов Андрей Рудольфович — кандидат технических наук,
НИУ «МЭИ», e-mail: efimovar@mpei.ru.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 2, pp. 185–193.

V.V. Sergeev, S.O. Versilov, A.R. Efimov

APPLICATION ALTERNATIVES AND OPTIMIZATION OF REINFORCED-CONCRETE FEEDER

In focus of the article is operation of reinforced-concrete (adaptable) feeders and their advantages over other dischargers. The scope of the analysis also embraces the evolution of reinforced-concrete (adaptable) feeders and ways of improving their efficiency and safety in underground mining of hard minerals using the systems of caving and discharge under overlying formations.

The author proposes a number of ways to optimize adaptable reinforced-concrete feeders (RCF): Gradual transition from small to large discharge window; Mine management in operation of RCF; Methods to enhancing mine profit return in operation of RCF; Methods to reduce ore dilution in operation of RCF; Influence of mine-technical conditions on shape similarity factor in operation of RCF; Adaptation of current mining system with ore discharge by blasting to operation of RCF; Reequipment of RCF with semiconductor sensors for real-time data measurement, estimation and remote transfer.

Key words: hard mineral deposits, mining with caving, ore discharge, discharger, discharger adaptation to current geological conditions, discharge window, mine management, semiconductor sensors.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-185-193

AUTHORS

Sergeev V.V., Doctor of Technical Sciences,
Professor, e-mail: vv_sergeev_47@mail.ru,
North Caucasus Mining-and-Metallurgy Institute
(State Technological University),
362021, Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania, Russia,

Versilov S.O., Doctor of Technical Sciences,
Professor, e-mail: versilov@bk.ru,
M.I. Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),
346428, Novocherkassk, Russia,
Efimov A.R., Candidate of Technical Sciences,
e-mail: efimovar@mpei.ru,
National Research University «Moscow Power Engineering Institute»,
111250, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Agoshkov M. I., Iofin S. L., Bud'ko A. V., Burmin G. M. *Gornyy zhurnal*. 1983, no 6, pp. 34—38.

2. Encina V., Méndez D., Caballero C., Osorio H. New approach for rapid preparation of block caving mines. *Mining technology, transactions of the institutions of mining and metallurgy*: Section A, 2010, Vol. 119, Issue 3: Block and Sublevel Caving, pp. 162—167.

3. Terpogosov Z. A. *Osnovanie blokov i mekhanizatsiya vypuska rudy* (Base units and the mechanization of the ore), Moscow, Nedra, 1977, 179 p.

4. Shkarpetin V. V. *Issledovanie osobennostey istecheniya rudy pri tortsovom vibratsionnom vypuske*. T. 27. (Research of features of expiration of the ore by mechanical vibration issue, vol. 27), Leningrad, Gipronikel', 1966, pp. 216—232.

5. Hambley D. F. Design of ore pass systems for underground mines. *CIM Bulletin*, 1987, Vol. 80, No. 897.

6. Barry H. G. Brady, E.T. *Brown rock mechanics: for underground mining*. Springer Science & Business Media, 2013 г. 571 p.

7. Skinner, Eugene H. *Structural uses and placement techniques for lightweight concrete in underground mining*. Bureau of mines report of investigations. 1990 RI 9266.

8. Versilov S. O. *Obosnovanie ratsional'nykh tekhnologiy s obrusheniem dlya kompleksnogo ispol'zovaniya zapasov naklonnykh rudnykh zalezhey* (Substantiation of rational technology for the comprehensive collapse of the use of reserves of inclined ore deposits), Doctor's thesis, Novocherkassk, 1996, 232 p.

9. Shestakov V. A., Versilov S. O., Sergeev V. V., Ignatov V. N., Dulin A. N., Volkov Yu. N. *Copyright certificate USSR 1559160*. KI 5. E21 F 13/00, 1990.

10. Versilov S. O., Ignatov M. V., Sergeev V. V., Efimov A. R. *Trudy SKGMI (GTU)*, vyp. 15. (Proceedings of NCIMM (STU), issue 15), Vladikavkaz, 2008, pp. 249—252.

11. Sergeev V. V., Efimov A. R. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii nauk ekologii i bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti*. 2008, no 3. vol. 13, pp. 156—165.

12. Shestakov V.A., Sergeev V.V., Ignatov V.V., Versilov S.O. *Copyright certificate USSR 1754908*. KI 5. E21 F 13/00, 1992.

13. Sergeev V. V., Versilov S. O. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2015, no 2, pp. 3—6.

14. Sergeev V. V., Versilov S. O. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2015, no 6, pp. 3—6.

FIGURES

Fig. 1. The appearance of the first adaptive concrete feeder in the mine

Fig. 2. Reciprocating feeder: 1 — frame; 2 — channel for hydrocylinders; 3 — hydrocylinders; 4 — metal cover with an opening; 5, 6 — operating device; 7 — bridging canopy top; 8 — ceiling.

Fig. 3. Device for ore release: 1 — cut; 2 — guiders; 3 — channel; 4 — movable platform; 5 — ceiling; 6 — operating device; 7 — hydrocylinders.

Fig. 4. Device for ore release: 1 — operating device; 2 — concrete form of the frontal portion; 3 — concrete form of the rear portion; 4 — hydrocylinders; 5 — holding devices; 6, 7 — guiders; 8, 9 — clearances; 10 — openings; 11, 12 — guiders; 13 — openings; 14. 15 — bars; 16 — eye bars; 17 — hydrocylinders; 18, 19 — tubes.

Fig. 5. Device for ore release: 1 — operating device; 2 — channel; 3 — hydrocylinder; 4 — guiders; 5 — demountable ceiling; 6 — retention pin; 7 — decking; 8 — reinforcement ribs; 9 — hooky mechanism; 10 — arresting device; 11 — pusher mechanism; 12 — drilling and haulage drift; 13 — ore; 14 — drill holes; 15 — barren rock.