УДК 622.271

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРЬЕРНЫХ КОМБАЙНОВ И ОТВАЛООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

А.Ю.ЧЕБАН, *канд. техн. наук, старший научный сотрудник, chebanay@mail.ru*
Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, Хабаровск, Россия

Рассмотрены вопросы повышения эффективности открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых. Карьерные комбайны являются эффективным и перспективным горным оборудованием, привнесшим в горное производство большое количество инновационных технологических решений. Предложена технологическая схема отработки вскрышного уступа большой высоты с использованием стреловых карьерных комбайнов и усовершенствованного отвалообразователя. Применение технико-технологического усовершенствования позволит значительно увеличить производительность горного оборудования, снизить себестоимость ведения вскрышных работ и повысит рентабельность горного производства при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, сложенных полускальными горными породами.

***Ключевые слова*:** механическое рыхление, стреловые карьерные комбайны, отвалообразователи, вскрышной уступ, внутренний отвал.

Введение. Большинство месторождений полезных ископаемых, сложенных плотными, полускальными и скальными горными породами, традиционно разрабатываются с применением буровзрывных работ [7, 12]. В случае приближения фронта горных работ вплотную к населенным пунктам или объектам инфраструктуры ведение взрывных работ зачастую становится невозможным. При этом в непосредственной близости к жилью и другим объектам на ряде давно эксплуатируемых месторождений остались невыработанными основные и наиболее качественные запасы полезных ископаемых.

Разупрочнение горных пород с помощью взрыва имеет ряд недостатков: 1) полезное ископаемое взрывом перемешивается с пустой породой, что ведет к снижению качества добываемого сырья; 2) полезное ископаемое, находящее в тонких пластах, не может быть селективно добыто и после взрывания удаляется вместе с пустой породой в отвал; 3) нарушается целостность близлежащего горного массива, что отрицательно влияет на устойчивость борта карьера; 4) отбитая взрывом горная масса имеет неравномерный гранулометрический состав от негабаритов до пылевидных частиц, что делает невозможным применение конвейерного транспорта (без предварительного крупного дробления) для перемещения добытой горной массы; 5) появляется необходимость прекращения горных работ и отвода техники и производственного персонала на безопасное расстояние перед проведением взрыва; 6) выброс продуктов горения взрывчатых веществ ухудшает экологическую ситуацию в месте проведения работ (особенно при массовом взрыве) [5, 7, 12].

Таким образом, постепенное ужесточение мер по экологической и социальной безопасности разработки месторождений ограничивает производство буровзрывных работ.

Механическое разрушение горных пород. Расширяется область применения оборудования для механического разрушения горных пород. Данная тенденция особенно характерна для стран Западной Европы, где существуют максимальные ограничения по ведению взрывных работ [1]. Механические способы разрушения находят применение и в России, так как в некоторых случаях, в частности при разработке сложноструктурных месторождений, они экономически более эффективны, чем традиционные технологии с применением взрыва [2, 9].

Для безвзрывной разработки относительно прочных горных пород применяются такие карьерные машины, как рыхлители на базе тяжелых и сверхтяжелых бульдозеров; крупные одноковшовые гидравлические экскаваторы, а также рыхлители и гидравлические молоты в виде сменного оборудования на них; одноковшовые экскаваторы с ковшами, оборудованными активными зубьями; роторные экскаваторы обычного и компактного исполнения; карьерные комбайны послойного фрезерования и стреловые карьерные комбайны [4, 10].

Область применения компактных роторных экскаваторов ограничивается прочностью горных пород на сжатие 20-30 МПа. Эффективно разрабатывать месторождения, сложенные полускальными или легко разрабатываемыми скальными породами с прочностью на сжатие до 70 МПа и более, позволяют карьерные комбайны. Данный тип горных машин нашел достаточно широкое применение при разработке месторождений каменного угля, бокситов, фосфоритов, известняков и других полезных ископаемых. Применение выемочных машин непрерывного действия позволяет применять высокопроизводительные циклично-поточные и поточные схемы ведения горных работ [3, 8, 15].

Карьерное отвалообразование. Затраты на транспортировку вынутой горной массы, наряду с затратами на ведение буровзрывных работ, являются одними из главных составляющих в себестоимости добычи полезных ископаемых. Основной объем перемещаемой горной массы составляют обычно вскрышные и вмещающие породы, которые транспортируются во внутренние или внешние отвалы. Наибольшее распространение на отечественных горнодобывающих предприятиях получил автомобильный транспорт, однако он имеет ряд недостатков (в частности, оказывает значительное отрицательное воздействие на окружающую среду за счет выделения выхлопных газов) [13]. Наиболее эффективными при ведении вскрышных работ являются технологические комплексы с консольными отвалообразователями, которые объединяют в себе несколько процессов: экскавацию, перемещение и отвалообразование [6, 14].

Достоинствами технологических комплексов с применением конвейерных отвалообразователей являются возможность перемещения горной массы в отвал по кратчайшему пути, непрерывность производственного процесса, высокая производительность, простая организация вскрышных работ, отсутствие потребности в дополнительных работах на отвалах [6]. Консольные отвалообразователи обычно работают в комплекте с роторными экскаваторами на месторождениях, сложенных мягкими и плотными горными породами, реже легко разрабатываемыми полускальными породами с выемкой пород компактными роторными экскаваторами.

Постановка задачи. Карьерные комбайны в зависимости от конструкции могут разрабатывать месторождение по уступной (многослойной) или послойной технологии [11, 16]. У комбайна, работающего по уступной технологии, рабочий орган установлен на стреле, которая может поворачиваться в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Такой карьерный комбайн называется стреловым.

При разработке месторождения уступами стреловой комбайн перемещается по забою во много раз медленнее, чем машины, работающие по послойной технологии, в связи с чем возникает ряд преимуществ:

- для обеспечения высокопроизводительной работы стрелового комбайна не требуется создания фронта горных работ значительной протяженности;
- упрощается включение в технологическую схему горных работ конвейерного транспорта или консольных отвалообразователей, что обеспечивает поточность производства;
- облегчается селективная выемка полезного ископаемого при разработке крутопадающих пластов;
- появляется возможность подключения комбайна к внешнему источнику электроэнергии, что повышает экологическую чистоту производства и снижает эксплуатационные затраты на работу комбайна.

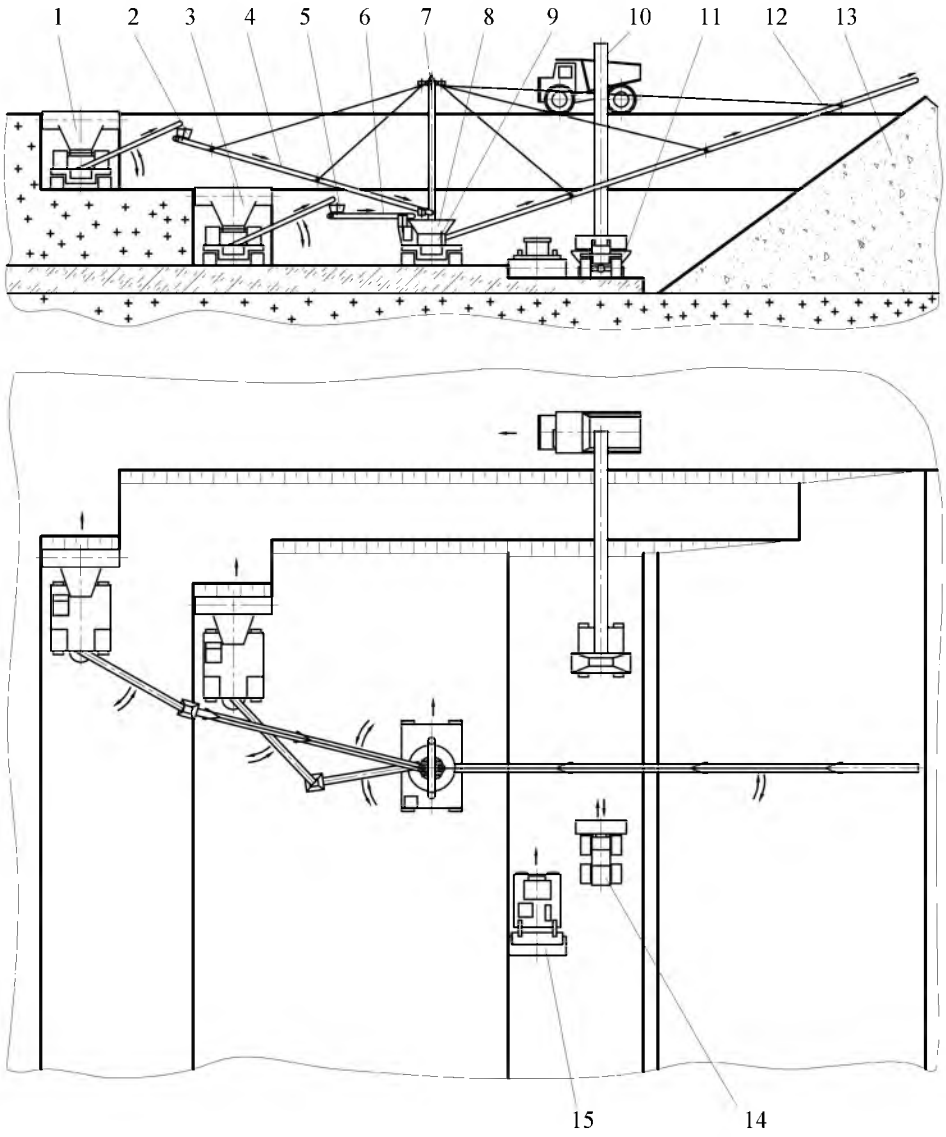


Схема отработки вскрышного уступа большой высоты двумя подуступами

Недостатком стреловых карьерных комбайнов в сравнении с роторными экскаваторами является меньшая высота отрабатываемого уступа, в результате чего комбайном единовременно не всегда может быть отработана вся толща вскрышных пород месторождения. При использовании способа разработки на основе двух- или трехподуступной схемы экскавации с изменением горизонта стояния стрелового комбайна и отвалообразователя появляется необходимость перестановки горного оборудования, в результате чего снижается его производительность [6].

Таким образом, существует технико-технологическая задача по обеспечению возможности разработки высоких вскрышных уступов одновременно несколькими стреловыми карьерными комбайнами и отвалообразователем без перестановки горного оборудования.

Предлагаемое решение. Автором предложен способ открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых с применением стреловых карьерных комбайнов и усовершенствованного отвалообразователя (см. рисунок). Усовершенствованный отвалообразователь может быть оборудован двумя или тремя загрузочными консолями, что позволяет ему одновременно работать с несколькими карьерными комбайнами.

Стреловые карьерные комбайны 1 и 3 перемещаются вдоль подуступов и разрабатывают горный массив. Вскрышная порода по конвейерам стреловых карьерных комбайнов подается через приемные устройства 2, 5 на конвейеры загрузочных консолей 4, 6 усовершенствованного отвалообразователя 7. Вскрышная порода последовательно перемещается к перегрузочному бункеру 8 питателя 9 и посредством разгрузочной консоли 12 – во внутренний отвал 13. Загрузочные консоли 4, 6 отвалообразователя 7 могут независимо перемещаться в пространстве. Процесс совмещения разгрузочных конвейеров стреловых карьерных комбайнов 1, 3 с приемными устройствами 2, 5 загрузочных консолей 4, 6 и позиционирование отвалообразователя 7 относительно стреловых карьерных комбайнов 1, 3 обеспечивается автоматической системой управления.

Разработку полезного ископаемого предлагается вести с применением землеройно-фрезерной машины 15. Разрушенное полезное ископаемое, оставленное на рабочей площадке после прохода землеройно-фрезерной машины 15, зачерпывается ковшом погрузчика 14 и подается в бункер мобильного перегрузочного агрегата 11. Посредством конвейера 10 полезное ископаемое перемещается на дневную поверхность и грузится в автосамосвалы.

Заключение. Совершенствование поточных технологий ведения вскрышных работ с использованием стреловых карьерных комбайнов за счет внедрения усовершенствованных отвалообразователей, оборудованных автоматически управляемыми загрузочными консолями, при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, сложенных полускальными горными породами, позволит значительно увеличить производительность горного оборудования, снизить себестоимость ведения вскрышных работ и повысит рентабельность горного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Анистратов К.Ю.* Безвзрывная выемка полускальных пород на карьерах стройматериалов гидравлическими экскаваторами фирмы «Liebherr» // Горная промышленность. 1998. № 2. С.41-45.

2. *Буткевич Г.Р.* Взрывные и безвзрывные способы разрушения скальных пород на карьерах // Строительные материалы. 2011. № 2. С.33-34.

3. *Гаврилов В.Л.* Оценка состояния открытой разработки угольных месторождений центральной и северной Якутии / В.Л.Гаврилов, С.А.Ермаков, Д.В.Хосоев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № 11. С.29-36.

4. *Монсини К.Р.* Повышение эффективности механического рыхления горных пород / К.Р.Монсини, А.О.Мазманян // Горный журнал. 1998. № 1. С.39-43.

5. *Москаленко Т.В.* Управление отходами горной промышленности как элемент устойчивого развития Республики Саха (Якутия) / Т.В.Москаленко, Е.В.Ворсина // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 10. С.98-102.

6. *Ржевский В.В.* Открытые горные работы: Учебник для вузов: В 2-х частях. Часть 2. Технология и комплексная механизация. М.: Недра, 1985. 549 с.

7. *Трубецкой К.Н.* О новых подходах к обеспечению устойчивого развития горного производства / К.Н.Трубецкой, С.В.Корнилков, В.Л.Яковлев // Горный журнал. 2012. № 1. С.15-19.

8. Улучшение качества угля за счет селективной разработки сложноструктурного Эльгинского каменноугольного месторождения / С.А.Ермаков, В.Л.Гаврилов, Д.В.Хосоев, Е.А.Хоютанов // Наука и образование. 2012. № 1. С.24-29.

9. *Чебан А.Ю.* Техника и технологии разработки месторождений цементного сырья на Дальнем Востоке и перспективы их развития / А.Ю.Чебан, Н.П.Хрунина // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 1 (21). С.131-135.

10. *Чебан А.Ю.* Использование горного оборудования для механического разрушения скальных и полускальных пород / А.Ю.Чебан, Н.П.Хрунина // Горная промышленность. 2014. № 2. С.104-107.

11. *Чебан А.Ю.* Классификация технологических схем применения карьерных комбайнов // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 2. С.159-163.

12. *Яковлев В.Л.* Состояние, проблемы и пути совершенствования открытых горных разработок // Горный журнал. 2009. № 11. С.11-14.

13. Assessment of the impact of compressed gas vehicle on the environment / S.M.Ugay, K.S.Golokhvast, N.S.Pogotovkina, E.M.Miheev, A.Yu.Cheban // Life Science Journal. 2014. N 11. P.515-517.

14. *Conhrs H.H.* Aushub- und Lademaschinen der kontinuierlichen Aktion // Forder und neben. 1983. V.33. N 3. P.24-27.

15. *Sharma S.* Cost-effective development of mineral resources with coal cutters, loading harvester // Mining Ingeneering Journal. 1984. XXIII. N 4. P.17-21.

16. Upgrading continuous and cyclic excavation and transportation during open-pit mining / A.Yu.Cheban, G.V.Sekisov, N.P.Khrunina, S.A.Shemyakin // Eurasian mining. 2014. N 1. P. 22-24.

REFERENCES

1. *Anistratov K.Ju.* Bezvzryvnaja vyemka poluskal'nyh porod na kar'erah strojmaterialov gidravlicheskimi jekskavatorami firmy «Liebherr» (*Blastless mining of semi-indurated rocks in the quarries of building materials by hydraulic excavators «Liebherr»*). Gornaja promyshlennost'. 1998. N 2, p.41-45.

2. *Butkevich G.R.* Vzryvnye i bezvzryvnye sposoby razrushenija skal'nyh porod na kar'erah (*Explosive and nonexplosive ways of shattering rocks in quarries*). Stroitel'nye materialy. 2011. N 2, p.33-34.

3. *Gavrilov V.L., Ermakov S.A., Hosoev D.V.* Ocenka sostojanija otkrytoj razrabotki ugol'nyh mestorozhdenij central'noj i severnoj Jakutii (*Evaluation of the state of open-cast coal mining in Central and Northern Yakutia*). Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2010. N 11, p.29-36.

4. *Monsini K.R., Mazmanjan A.O.* Povyshenie jeffektivnosti mehanicheskogo ryhlenija gornyh porod (*Improving the efficiency of mechanical loosening of rocks*). Gornyj zhurnal. 1998. N 1, p.39-43.

5. *Moskalenko T.V., Vorsina E.V.* Upravlenie othodami gornoj promyshlennosti kak jelement ustojchivogo razvitija Respubliki Saha (Jakutija) (*Mining waste management as an element of sustainable development of the Republic of Sakha (Yakutia)*). Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. 2014. N 10, p.98-102.

6. *Rzhevskij V.V.* Otkrytye gornye raboty. Uchebnik dlja vuzov. V 2-h chastjah. Chast' 2. Tehnologija i kompleksnaja mehanizacija (*Open pit mining. Textbook for high schools. In 2 parts. Part 2: Technology and complex mechanization*). Moscow: Nedra, 1985, p.549.

7. *Trubeckoj K.N., Kornilkov S.V., Jakovlev V.L.* O novyh podhodah k obespecheniju ustojchivogo razvitija gornogo proizvodstva (*On new approaches to the sustainable development of mining*). Gornyj zhurnal. 2012. N 1, p.15-19.

8. *Ermakov S.A., Gavrilov V.L., Hosoev D.V., Hojutanov E.A.* Uluchshenie kachestva uglja za schet selektivnoj razrabotki slozhnostrukturnogo Jel'ginskogo kamennougol'nogo mestorozhdenija (*Improving the quality of coal by selective development of the complex Elga coal deposit*). Nauka i obrazovanie. 2012. N 1, p.24-29.

9. *Cheban A.Ju., Hrunina N.P.* Tehnika i tehnologii razrabotki mestorozhdenij cementnogo syr'ja na Dal'nem Vostoke i perspektivy ih razvitija (*Technology of development of cement raw materials deposits in the Far East and the prospects for their development*). Sistemy. Metody. Tehnologii. 2014. N 1 (21), p.131-135.

10. *Cheban A.Ju., Hrunina N.P.* Ispol'zovanie gornogo oborudovanija dlja mehanicheskogo razrushenija skal'nyh i poluskal'nyh porod (*Use of mining equipment for mechanical destruction rock and semi-indurated rocks*). Gornaja promyshlennost'. 2014. N 2, p.104-107.

11. *Cheban A.Ju.* Klassifikacija tehnologicheskih shem primenenija kar'ernyh kombajnov (*Classification of technological schemes of applying surface miners*). Sistemy. Metody. Tehnologii. 2015. N 2, p.159-163.

12. *Jakovlev V.L.* Sostojanie, problemy i puti sovershenstvovanija otkrytyh gornyh razrabotok (*State, problems and ways of improvement of open cast mining*). Gornyj zhurnal. 2009. N 11, p.11-14.

13. *Ugay S.M., Golokhvast K.S., Pogotovkina N.S., Miheev E.M., Cheban A.Yu.* Assessment of the impact of compressed gas vehicle on the environment. Life Science Journal. 2014. N 11, p.515-517.

14. *Conhrs H.H.* Excavating and loading machines of continuous action. Forder and next. 1983. Vol.33. N 3, p.24-27.

15. *Sharma S.* Cost-effective development of mineral resources with coal cutters, loading harvester. Mining Ingeneering Journal. 1984. XXIII. N 4, p.17-21.

16. *Cheban A.Yu., Sekisov G.V., Khrunina N.P., Shemyakin S.A.* Upgrading continuous and cyclic excavation and transportation during open-pit mining. Eurasian mining. 2014. N 1, p.22-24.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF OPEN-CAST MINING USING SURFACE MINERS AND SPREADERS

A.Yu.CHEBAN, *PhD in Engineering Sciences, Senior Researcher, chebanay@mail.ru*
Mining Institute of Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Habarovsk, Russia

The article is devoted to the issues of improving the efficiency of open-cast mining of solid minerals. Surface miners are effective and promising mining equipment that brought a large number of innovative technological solutions to the mining industry. The flow sheet of mining an overburden bench of high altitude with boom surface miners and the improved spreader is presented. Application of technical and technological improvements will significantly increase the productivity of mining equipment, reduce the cost of doing stripping operations and improve the profitability of the mining industry in the development of deposits of solid minerals, semi-indurated rocks.

***Key words*:** mechanical ripping, boom surface miners, spreaders, overburden bench, internal dump.