

DOI: 10.26730/1999-4125-2019-1-78-85

УДК 622.275

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ УГЛЯ ЗА СЧЕТ ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОЙ ДОРАБОТКИ ПРИКОНТУРНЫХ ЗАПАСОВ С БОРТА РАЗРЕЗА

REDUCTION OF COAL LOSSES BY COMBINED OPEN CAST AND UNDER- GROUND MINING OF PERIFERAL RESERVES FROM THE PIT SIDE

Анферов Борис Алексеевич,

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

Boris A. Anfyorov, C. Sc. in Engineering, Leading Researcher

Кузнецова Людмила Васильевна,

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

Lyudmila V. Kuznetsova, C. Sc. in Engineering, Leading Researcher

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского Отделения Российской академии наук, 650065, Россия, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10.

Federal Research Center of Coal and Coal chemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 10, Leningradsky Ave., Kemerovo, 650065, Russian Federation

Аннотация:

Актуальность работы. При достижении экономически обоснованного предельного коэффициента вскрыши горные работы на разрезах прекращают. В недрах за проектными контурами разрезов, в бортах и на дне, безвозвратно теряются большие запасы угля. Для снижения этих потерь применяют комбинированные открыто-подземные технологии «Highwall mining system» при доработке приконтурных запасов с борта разреза. В России известен ее вариант на базе комплекса оборудования Superior Highwall Miners (SHM) под брендом КГРП (комплекс глубокой разработки пласта). Основными проблемами данной технологии и причинами остановки ее применения являются большие потери угля в целиках (до 60 %) между проводимыми выработками, высокая аварийность очистных забоев из-за их разрушения и обрушения кровли, приводящие к завалу оборудования.

Цель работы. Разработать технические решения, позволяющие снизить потери угля в недрах за проектными контурами разрезов за счет доработки целиков и повышения устойчивости кровли проводимых выработок.

Методология проведения работы. Обобщение и анализ существующих технологий доработки приконтурных запасов угля с борта разреза и перспективных направлений их развития.

Результаты работы и область их применения. Добыча угля за проектными контурами разрезов может быть осуществлена по технологии КГРП. В отличие от существующих аналогов предлагается оснастить выемочную машину дополнительным оборудованием – дистанционно управляемым анкероустановщиком. Анкерное крепление кровли в проводимых выработках позволит: на пластах средней мощности вынимать смежные целики; при разработке мощных пластов (более 4,8 м) – обеспечить слоевую отработку.

Выводы. Снижение потерь угля обеспечивается доработкой приконтурных запасов с борта разреза средствами КГРП, оснащенными дистанционно управляемым анкероустановщиком без присутствия людей в зоне очистных работ. Анкерное крепление позволяет на более длительное время исключить нарушение сплошности пород кровли и обеспечить отработку целиков между выработками для пластов средней мощности и слоевую отработку мощных пластов.

Ключевые слова: добыча угля, разрез, открыто-подземная разработка, комплекс глубокой разработки пласта, потери угля, анкерная крепь, уступ борта разреза.

Abstract:

The urgency of the problem. When an economically reasonable limit stripping ratio is reached, mining at the open-pit mines is stopped. In the subsoil beyond the design contours of the pits, in the sides and at the bottom, large reserves of coal are irretrievably lost. To reduce these losses, combined opencast and underground

technologies of Highwall mining system are used to mine the peripheral reserves from the flank of the pit. In Russia, this technology is known on the basis of the equipment complex Superior Highwall Miners (SHM) under the brand KGRP (complex deep seam development). The main problems of this system and the reasons for stopping its use are large losses of coal in pillars (up to 60%), high accident rate of clearing faces due to their destruction and roof falling on the equipment.

The purpose of the study. To develop technical solutions to reduce the loss of coal in the subsoil of the design contours of the sections by cleaning-up the pillars and increasing the stability of the roof in driven workings.

Research methodology. The generalization and analysis of existing technologies for cleaning-up the coal reserves from the side of the pit and of the promising fields of their development.

Results of work and area of their application. Coal mining beyond the design contours of the pits can be performed using the KGRP technology. It is proposed to equip the continuous miner with additional equipment - a remote-controlled roof bolter. Roof bolting in the driven mine workings will make it possible: to mine adjacent pillars in seams of medium thickness; to implement slicing methodology in development of thick seams (over 4.8 m).

Summary. Reduction of coal losses is ensured by clearing-up the peripheral reserves from the side of the pit by the KGRP system, equipped with a remotely controlled roof bolter excluding the presence of people in the mining area. Roof bolting allows us to eliminate the discontinuity of the roof rocks for a longer time and to ensure mining of pillars between workings for medium-thickness seams and slicing of thick seams.

Key words: mining of coal, open-pit mine, combined opencast and underground mining, Superior Highwall Miners, losses of coal, roof bolting, berm of opencast.

Введение

Инновационная направленность развития экономики России требует разработки и реализации геотехнологий, отвечающих мировому уровню и опережающих его [1]. Одним из критериев эффективности должна стать полнота извлечения полезных ископаемых из недр.

В России в 2018 г. добыто 420-425 млн. т угля (прогноз Минэнерго), из них 75 % – открытым способом. При достижении экономически обоснованного предельного коэффициента вскрыши горные работы на разрезах прекращают. В недрах за проектными контурами разрезов, в бортах и на дне, безвозвратно теряются большие запасы угля. Например, в Кузбассе они превышают 450 млн.т, на разрезе Черногорском (Хакасия) – 70 млн. т [2, 3].

На завершающей стадии эксплуатации месторождений открытым способом или при переходе к подземному способу добычи применяется открыто-подземная разработка, которая широко известна в мире и используется для доработки приконтурных запасов угля по технологии «Highwall mining system» (модификации: Auger mining; Metec miner system; Continuous Highwall Mining (CHM); Longwall punch mining; Room/Bord-and-pillar punch mining) [4, 5]. В России известен вариант Metec miner system под брендом «Комплекс глубокой разработки пласта» (КГРП) [6, 7]. Оборудование поставлялось фирмами CAT и SHM [8-10].

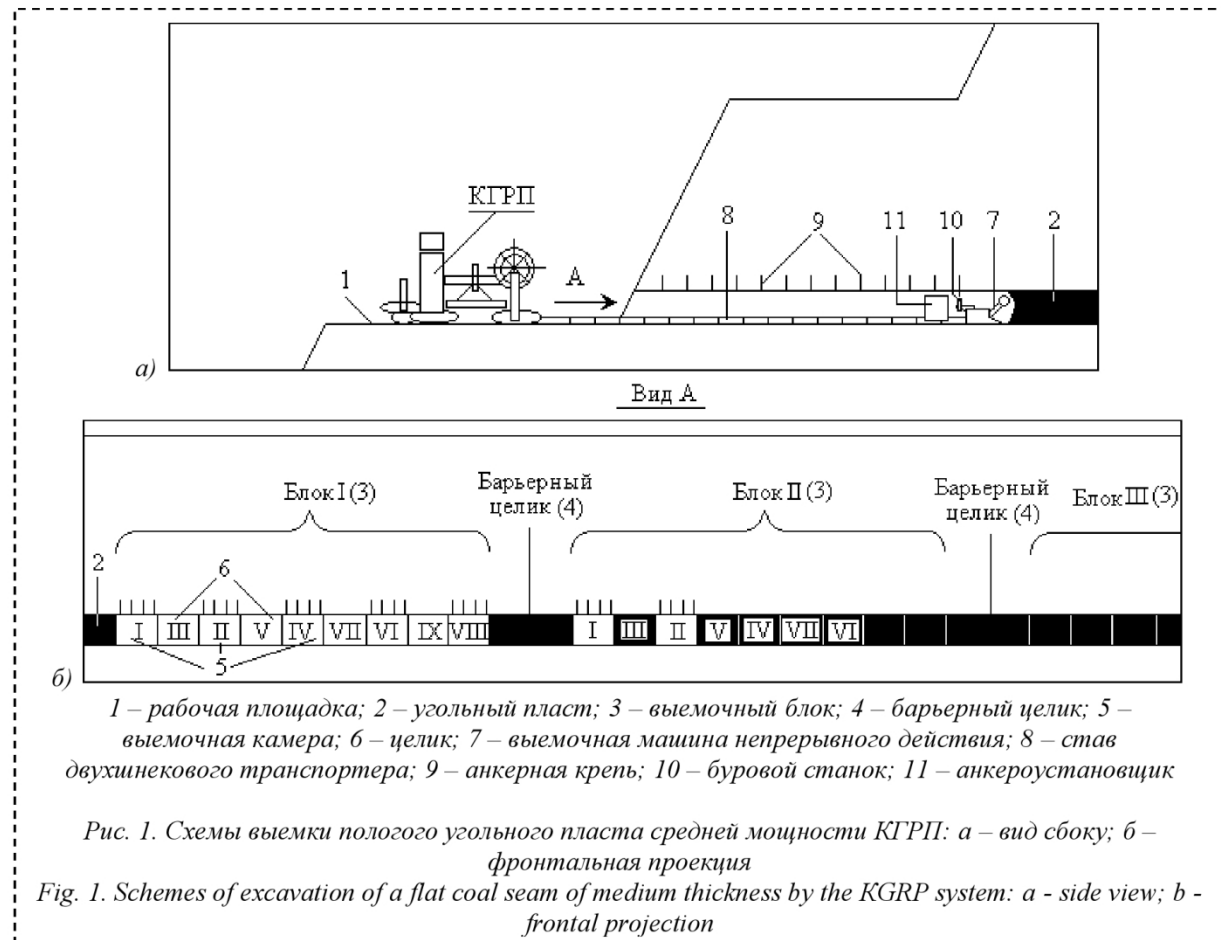
Постановка задачи

Технология Auger mining (бурошнековая выемка) применяется при выемке тонких угольных пластов посредством выбурирования скважин с помощью бурошнековой установки с уступа борта разреза, между которыми остаются соразмерные целики. В США добыча угля этим методом

составляет 4 % от общей добычи [11]. Близко расположенные многочисленные тонкие угольные пласты на центральных угольных месторождениях Аппалачей и Западной Вирджинии делают этот метод добычи предпочтительным и часто единственным возможным для извлечения оставшихся приконтурных запасов угля после завершения открытых горных работ.

В России на разрезе «Юнгинский» (ОАО «Воркутауголь») осуществляли выемку угля из пластов мощностью от 0,6 м до 1 м с углом падения до 18 градусов выбурированием скважин на глубину до 260 м [12, 13]. Технология обуславливает большие эксплуатационные потери (до 70 %) и имеет ограниченную область применения, так как не позволяет разрабатывать пласты средней мощности и мощные.

Система Continuous Highwall Mining (CHM) применяется для выемки с борта разреза пластов мощностью до 4,5 м путем проведения прямолнейных выработок (выемочных камер) с оставлением между ними соразмерных целиков. Она известна в 2-х модификациях: Addcar system (комплекс оборудования включает: выемочную машину непрерывного действия, мобильные ленточные конвейерные секции, пусковую установку, конвейер временного складирования угля, погрузчики) и Archveyor system, отличается от первой применением скребкового конвейера, транспортирующего уголь и обеспечивающего подачу выемочной машины на забой. Полностью автоматизированное управление системой CHM достигается с помощью передовых навигационных технологий, включая систему пассивного гамма-детектора по кровле и почве пласта, инклинометры, кольцевой



лазерный гироскоп и программируемый логический контроллер [14]. В России технология не применялась и не получила широкого распространения за рубежом из-за низкой надежности конвейерных секций.

Система Longwall punch mining впервые была применена в Австралии в 1990 г. для разработки пологих пластов в длинных очистных забоях. С борта разреза проводятся вентиляционный и конвейерный штреки. В глубине борта монтируется очистной механизированный комплекс, предназначенный для подземной отработки, и обратным ходом ведется выемка. Уголь по конвейерному штреку поступает на ленточный конвейер, смонтированный на уступе борта разреза, и транспортируется на склад. Добыча достигала 6 млн.т/год [15].

В отличие от этой системы, в технологии Room/Bord-and-pillar punch mining добычу угля ведут в коротких очистных забоях для выемки ограниченных запасов (например, в охранных целиках) мобильными средствами механизации [15].

Преимущества этих двух систем: высокая производительность очистного забоя, не требует проведения вскрывающих капитальных выработок, сложной транспортной и вентиляционной систем. Однако требует соответствующего планирования и проектирования предприятия для сохранения и поддержания инфраструктуры разреза на поверхности в течение всего времени ведения подземных

работ. Эта система не может применяться при неустойчивых породах борта разреза.

За рубежом наибольшее распространение получила технология Metec miner system на базе комплекса оборудования Superior Highwall Miners (SHM), с 2010 г. выпускаемого под маркой Bucyrus Highwall Miners (в США работает 64 комплекса) [16]. В Россию было поставлено 4 комплекса SHM-№ 28, 29, 34, 56, из которых 3 – в работе под брендом КГРП [6].

Комплекс оборудования состоит из пусковой установки, выемочной машины непрерывного действия, двухшнекового транспортера, конвейера временного складирования угля и фронтального погрузчика. КГРП устанавливается на открытой площадке, которая образуется в результате извлечения вскрышных пород по контуру блока разреза, предполагаемого к разработке с помощью данной системы. КГРП позволяет обрабатывать угольные пласты мощностью от 1,1 м до 4,8 м (глубина отработки пласта по падению – 300 м) без присутствия людей в зоне ведения очистных работ [6].

В Кузбассе системой КГРП обрабатывали угольные пласты на участках открытых горных работ: ЗАО «Распадская», ЗАО «Разрез Купринский», ООО «Разрез Южный» [6, 8, 13, 17].

Как показал российский и зарубежный опыт основной проблемой технологии КГРП являются большие потери угля в целиках (до 60 %, при

разработке пластов мощностью более 4,8 м эксплуатационные потери угля еще выше). Причиной, ограничивающей ее применение в России, стала высокая аварийность очистных забоев из-за разрушения целиков и обрушения кровли [17, 18].

Авторы считают своей задачей разработать технические решения, повышающие эффективность освоения угольных месторождений технологией КГРП увеличением полноты извлечения запасов путем выемки целиков (для пластов средней мощности) и организации слоевой выемки (для мощных пластов) за счет повышения устойчивости кровли проводимых выработок возведением анкерной крепи.

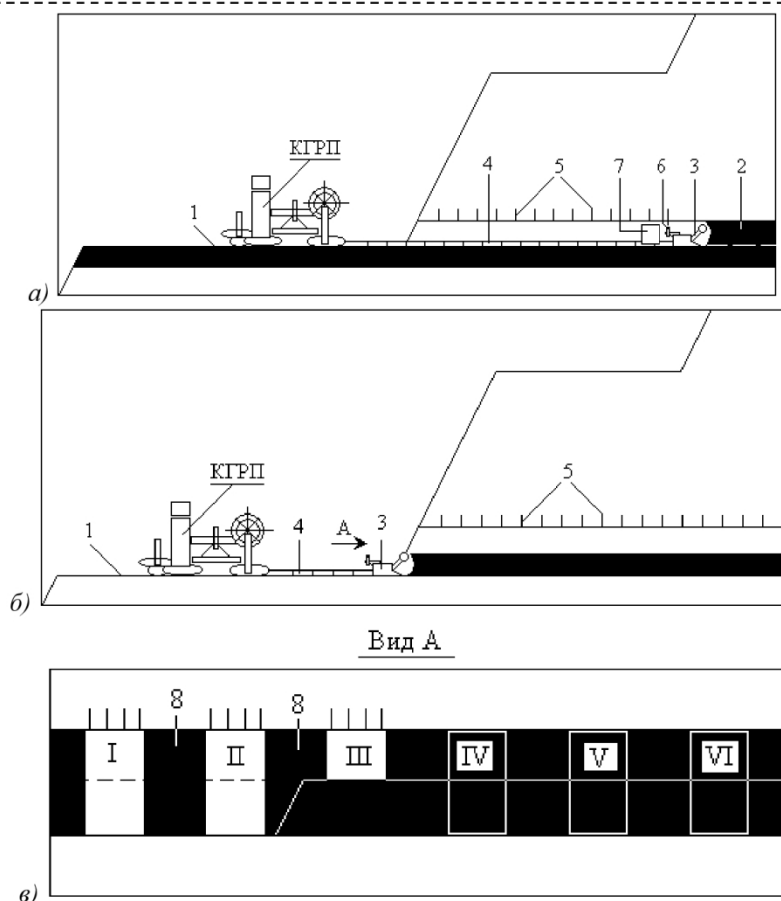
Совершенствование технологии КГРП

Разработка пологих угольных пластов средней мощности КГРП обуславливает повышенные потери угля в недрах из-за необходимости оставления соразмерных целиков между соседними выработками в связи с высокой вероятностью возникновения аварий очистного забоя из-за отсутствия крепления кровли в выработках. В Институте угля ФИЦ

УУХ СО РАН разработана технологическая схемы отработки приконтурных запасов угля с борта разреза, включающая в т.ч. анкерное крепление потолчины проводимых КГРП выработок (рис. 1) [19].

Для предварительной подготовки фронта очистных работ на уступе борта разреза по линии простирания на уровне почвы разрабатываемого пласта сооружают рабочую площадку. Начиная от края вскрытой части, угольный пласт условно делят на выемочные блоки, отделяя их барьерными целиками. В первом выемочном блоке намечают устья планируемых к проведению выработок в соответствии с шириной исполнительного органа выемочной машины комплекса, между которыми планируют оставлять целики. Затем на рабочей площадке напротив устья планируемой выработки с порядковым номером I монтируют оборудование КГРП.

Выемку угля осуществляют проведением выработок прямоугольного сечения выемочной машиной, подаваемой на угольный массив ставом двухшнекового транспортера. По мере углубления



1 – рабочая площадка; 2 – угольный пласт; 3 – выемочная машина; 4 – став двухшнекового транспортера; 5 – анкерная крепь; 6 – буровой станок; 7 – анкероустановки; 8 – целик

Рис. 2. Схемы выемки мощного полого угольного пласта КГРП: а – вид сбоку при выемке верхнего слоя; б – вид сбоку при выемке нижнего слоя; в – фронтальная проекция

Fig. 2. Schemes of excavation of a thick flat coal seam by the KGRP system: a - side view during excavation of the upper layer; b - side view during excavation of the lower layer; c - frontal projection

выемочной машины в массив, осуществляют бурение шпуров в кровлю выработки и возведение анкерной крепи (выемочная машина для этого снабжена буровыми станками, установленными по нормам к кровле пласта). Для установки анкерной крепи может быть использован анкероустановщик, конструктивно связанный с выемочной машиной, а для доставки комплекта анкеров – мобильный контейнер, перемещающийся в выработке по ставу или по почве выработки вдоль става. Все работы в очистном забое осуществляются без присутствия персонала, который осуществляет прямое управление оборудованием удаленно из диспетчерского пункта (например, с использованием технологий нейрокомпьютерного интерфейса и дополненной реальности) [20].

После проведения выработки под номером I, оборудование КГРП вытягивают за став и демонтируют. Затем его перемещают к устью планируемой выработки под номером II – осуществляют проведение выработки аналогичным образом, т.е. с анкерным креплением кровли.

На следующем этапе осуществляют выемку целика (III) между выработками под номерами I и II, но теперь без крепления кровли. Затем проводят выработку под номером IV с анкерным креплением кровли, а следом вынимают целик V между выработками III и IV. И так далее в том же порядке до тех пор, пока не будет погашен последний целик (IX) в выемочном блоке I.

После проведения выработок и погашения целиков в первом выемочном блоке, очистные работы в том же порядке переводят во второй выемочный блок и т.д.

При разработке мощных пологих угольных пластов (более 5 м) допускаются повышенные потери угля в недрах из-за необходимости оставления нижней или верхней (в зависимости от физических свойств угля и пород кровли и почвы пласта) пачки вследствие ограниченности вынимаемой мощности. А также высокой вероятности возникновения аварий очистного забоя из-за значительного по

площади обнажения пород кровли и отсутствия крепления в выработках.

В отличие от предыдущего технического решения на уступе борта разреза (или на его дне) сооружают рабочую площадку на уровне примерно средней линии мощности пласта, делая, таким образом, мощный пласт на два слоя – верхний (у кровли пласта) и нижний (у почвы) (рис. 2) [21].

После проведения выработки в слое у кровли пласта (включая анкерное крепление кровли) оборудование КГРП демонтируют, часть рабочей площадки напротив устья первой выработки углубляют до почвы пласта, возвращают оборудование КГРП и начинают углублять пройденную выработку под номером I до почвы пласта под защитой анкерного крепления кровли.

После окончания очистных работ в выработке I оборудование переносят к устью второй планируемой выработки (II) на уровне почвы верхнего слоя (слоя у кровли пласта), при этом между выработками I и II оставляют целик.

Заключение

Для доработки приконтурных запасов угля разреза существуют апробированные технологии. Наиболее эффективной и широко распространенной является система КГРП («Highwall Miners»), позволяющая разрабатывать пласты мощностью от 1,1 до 4,8 м без присутствия людей в зоне ведения очистных работ при устойчивых вмещающих породах, допускающих длительное и значительное по площади обнажение кровли (до 1000 м²). Увеличить время поддержания рабочего пространства выработки может позволить анкерное крепление кровли. Для этого необходимо модернизировать КГРП, оснастив его выемочную машину дистанционно управляемым анкероустановщиком. В этом случае будет обеспечена возможность безаварийной добычи и более полного извлечения угля из пластов средней мощности, разрабатываемых в один слой, а также из пластов большей мощности, разрабатываемых слоями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Состояние и перспективы развития проектов государственно-частного партнерства в контексте комплексного освоения недр / Б.А. Анферов [и др.]. – Кемерово: ООО «Сибирская издательская группа», 2015. – 331 с.
2. Денисенко С.И. Обоснование геомеханических параметров подземной технологии разработки угольных пластов в приконтурной зоне разрезов Кузбасса. Автореф. дис. канд. техн. наук. Кемерово: КузГТУ, 2000. 24 с.
3. Ромашкин Ю.В. Доработка запасов карьерных полей угольных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 10. С. 70-74.
4. Matsui K. Green Coal Technology (GCT) – Safety first. URL: http://www.jcoal.or.jp/coaldb/shiryo/material/02_matsui.pdf (дата обращения 06.02.2019)
5. Sasaoka T., Shimada H., Hamanaka A., Sulistianto B., Ichinose M., Matsui K. Geotechnical Issues on Application of Highwall Mining System in Indonesia. Vietrock 2015 an ISRM specialized conference. 12-13 March 2015, Hanoi, Vietnam. URL: www.cdc.gov/niosh/mining/.../pdfs/gcdfh.pdf.
6. Нецветаев А. Г., Григорян А.А., Пружина Д.И. Развитие технологии безлюдной угледобычи с

применением комплексов КГРП // Горная промышленность. 2015. № 4 (122). С 87. URL: <https://mining-media.ru/ru/article/ogr/9016-razvitiye-tekhnologii-bezlyudnoj-ugledobychi-s-primeneniem-kompleksov-kgrp>.

7. Филатов П.Ю. [и др.] Технология «опережающей отработки» угольных пластов с применением комплекса глубокой разработки пластов // Вестник НЦ ВостНИИ. 2017. 2. С. 42-49.

8. Григорян А.А. Особенности применения комплексов глубокой разработки пластов при сформированном предельном борте карьера в условиях Кузнецкого угольного бассейна // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 8. С. 40-44.

9. Комплекс глубокой разработки пластов. URL: http://www.cat.com/ru_RU/products/new/equipment/highwall-miners/highwall-miners.html (дата обращения 02.02.2019).

10. Распадская. Производство и технология. Электронный ресурс. URL: <http://www.raspadskaya.ru/business/technology/> (дата обращения 08.02.2019).

11. Yi Luo. Highwall Mining: Design Methodology, Safety and Suitability / Report number: 2014-004, Affiliation: Department of Mining Engineering, West Virginia University. URL: https://www.researchgate.net/publication/266732695_Highwall_Mining_Design_Methodology_Safety_and_Suitability.

12. Каплан А.В., Лапаев В.Н. Развитие угледобычи на основе выбуривания малоценных запасов углей // Информационно-аналитический портал: Горное дело. 2013. № 1.

13. Григорян А.А. [и др.] Развитие технологий добычи малоценных запасов углей // Рациональное освоение недр. 2014. № 4. С. 23-27.

14. Sasaoka T., Karian T., Hamanaka A., Shimada H., Matsui K. Application of highwall mining system in weak geological condition. International Journal of Coal Science & Technology. September 2016, Volume 3, Issue 3, pp 311–321. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40789-016-0121-6>.

15. Nay Zar Lin. Mining system and desing for development of underground coal mine from open-cut highwall for thick coal seam: a doctoral dissertation. Department of Earth Resources Engineering, Graduate School of Engineering, Kyushu University, Fukuoka, Japan, March, 2014. URL: https://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac_download_md/1441219/eng2331.pdf.

16. Highwall Miners Extend Mine-able Reserves. Bucyrus/ URL: <http://www.sacea.org.za/docs/Highwall%20Mining%20Extend%20Mine-able%20Reserves%20-%20J%20Fouche.pdf>.

17. Нецветаев А.Г., Григорян А.А., Пружина Д.И. Геодинамика кровли пласта 67 Талдинского месторождения при отработке его комплексом КГРП // Уголь. 2014. № 11. С. 73-77.

18. Amar Prakash, Kumar A., Sing K.V. Highwall Mining: A critical appraisal. Mine Tech, Volume 36 No 3, July-September 2015. Pp. 17-30. URL: https://www.researchgate.net/publication/303521580_Highwall_Mining_A_critical_appraisal.

19. Пат. 2436953 Российская Федерация, МПК E21C 41/00. Способ открыто-подземной разработки пологого угольного пласта средней мощности / Федорин В.А., Шахматов В.Я., Анферов Б.А., Кузнецова Л.В.; заявитель и патентообладатель ИУУ СО РАН; № 2010114788; заявл. 13.04.2010. Опубл. 20.12.2011, бюл. № 35.

20. Кизиллов С.А., Никитенко М.С., Neogi B. Разработка концепции создания мобильного места оператора для горнодобывающей промышленности на основе совмещения технологий нейрокompьютерного интерфейса и дополненной реальности // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: тр. XI Всеросс. науч.-практич. конф. Новокузнецк: Сибирский Государственный индустриальный университет, 2017. С.47-50.

21. Пат. 2435956 Российская Федерация, МПК МПК E21C 41/00. Способ открыто-подземной разработки мощного пологого угольного пласта / Федорин В.А., Шахматов В.Я., Анферов Б.А., Кузнецова Л.В.; заявитель и патентообладатель ИУУ СО РАН; № 2010118084; заявл. 05.05.2010. Опубл. 10.12.2011, бюл. № 34.

REFERENCES

1. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya proektov gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v kontekste kompleksnogo osvoeniya neдр [The state and prospects of development of public-private partnership projects in the context of the integrated development of mineral resources] / B.A. Anferov [and other]. Kemerovo. ООО «Sibirskaya izdatel'skaya gruppа» [Limited Liability Company "Siberian Publishing Group]. 2015. 331 P.

2. Denisenko S.I. Obosnovaniye geomekhanicheskikh parametrov podzemnoy tekhnologii razrabotki ugol'nykh plastov v prikonturnoy zone razrezov Kuzbassa [Substantiation of geomechanic parameters of underground coal mining technology in the marginal zone of Kuzbass open-pit mines. Abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences]. Kemerovo, Kuzbass State Technical University, 2000. 24 P.

3. Romashkin Yu.V. Dorabotka zapasov kar'ernykh poley ugol'nykh mestorozhdeniy [Finishing coal

reserves in open pit mines] // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal) [Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)]. 2012. No. 10. PP. 70-74.

4. Matsui K. Green Coal Technology (GCT) – Safety first. URL: http://www.jcoal.or.jp/coaldb/shiryo/material/02_matsui.pdf (accessed 06.02.2019).

5. Sasaoka T., Shimada H., Hamanaka A., Sulistianto B., Ichinose M., Matsui K. Geotechnical Issues on Application of Highwall Mining System in Indonesia. Vietrock 2015 an ISRM specialized conference. 12-13 March 2015, Hanoi, Vietnam. URL: www.cdc.gov/niosh/mining/.../pdfs/gcdfh.pdf. (accessed 06.02.2019).

6. Netsvetaev A. G., Grigoryan A.A., Pruzhina D.I. Razvitie tekhnologii bezlyudnoy ugledobychi s primeneniem kompleksov KGRP [The development of coal mining technology without the presence of people with the use of the complexes Superior Highwall Miners] // Gornaya promyshlennost' [Mining Industry]. 2015. No. 4 (122). P. 87. URL: <https://mining-media.ru/ru/article/ogr/9016-razvitie-tekhnologii-bezlyudnoj-ugledobychi-s-primeneniem-kompleksov-kgrp> (accessed 06.02.2019).

7. Tekhnologiya «operezhayushchey otrabotki» ugol'nykh plastov s primeneniem kompleksa glubokoy razrabotki plastov [The technology of "advance mining" of coal seams using of the complexes Superior Highwall Miners] / Filatov P.Yu. [and other] // Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti [Bulletin of the Science Center of VostNII for Industrial and Environmental Safety]. 2017. No. 2. PP. 42-49.

8. Grigoryan A.A. Osobennosti primeneniya kompleksov glubokoy razrabotki plastov pri sformirovannom predel'nom borte kar'era v usloviyakh Kuznetskogo ugol'nogo basseyna [Features of application Highwall complex at formed limiting pit at the Kuznetsk coal basin] // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal) [Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)]. 2014. No. 8. PP. 40-44.

9. Kompleks glubokoy razrabotki plastov [Complexes Superior Highwall Miners]. URL: http://www.cat.com/ru_RU/products/new/equipment/highwall-miners/highwall-miners.html (accessed 06.02.2019).

10. Raspadskaya. Proizvodstvo i tekhnologiya. [Raspadskaya. Production and technology] Electronic resource. URL: <http://www.raspadskaya.ru/business/technology/> (accessed 08.02.2019).

11. Yi Luo. Highwall Mining: Design Methodology, Safety and Suitability / Report number: 2014-004, Affiliation: Department of Mining Engineering, West Virginia University. URL: https://www.researchgate.net/publication/266732695_Highwall_Mining_Design_Methodology_Safety_and_Suitability.

12. Kaplan A.V., Lapaev V.N. Razvitie ugledobychi na osnove vyburivaniya malotsennykh zapasov ugley [The development of coal production on the basis of drilling out low-grade coal reserves] // Informatsionno-analiticheskiy portal Gornoe delo [Information and analytical portal "Mining"]. 2013. № 1.

13. Razvitie tekhnologiy dobychi malotsennykh zapasov ugley [The development of technologies for the extraction of low-value coal reserves] / A.A. Grigoryan [and other] // Ratsional'noe osvoenie nedr [Mineral Mining & Conservation]. 2014. No/ 4. PP. 23-27.

14. Sasaoka T., Karian T., Hamanaka A., Shimada H., Matsui K. Application of highwall mining system in weak geological condition. International Journal of Coal Science & Technology. September 2016, Volume 3, Issue 3, pp 311–321. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40789-016-0121-6>.

15. Nay Zar Lin. Mining system and desing for development of underground coal mine from open-cut highwall for thick coal seam: a doctoral dissertation. Department of Earth Resources Engineering, Graduate School of Engineering, Kyushu University, Fukuoka, Japan, March, 2014. URL: https://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac_download_md/1441219/eng2331.pdf.

16. Highwall Miners Extend Mine-able Reserves. Bucyrus/ URL: <http://www.sacea.org.za/docs/Highwall%20Mining%20Extend%20Mine-able%20Reserves%20-%20J%20Fouche.pdf>.

17. Netsvetaev A.G., Grigoryan A.A., Pruzhina D.I. Geodinamika krovli plasta 67 Taldinskogo mestorozhdeniya pri otrabotke ego kompleksom KGRP [Geodynamics of the Coal Seam Roof at the Taldinsky Deposit Through the use of the Highwall Mining Complex] // Ugol' [Ugol]. 2014. No. 11. PP. 73-77.

18. Amar Prakash, Kumar A., Sing K.V. Highwall Mining: A critical appraisal. Mine Tech, Volume 36 No 3, July-September 2015. Pp. 17-30. URL: https://www.researchgate.net/publication/303521580_Highwall_Mining_A_critical_appraisal.

19. Pat. [Invention] 2436953 Russian Federation [RU]. MPK E21C 41/00. Sposob otkryto-podzemnoy

razrabotki pologogo ugol'nogo plasta sredney moshchnosti [Open Underground Development Method of Medium Steep Coal Bed] / Fedorin V.A., Shakhmatov V.Ya., Anferov B.A., Kuznetsova L.V. Date of filing 13.04.2010. Date of publication 20.12.2011, bull No. 35.

20. Kizilov S.A., Nikitenko M.S., Neogi B. Razrabotka kontseptsii sozdaniya mobil'nogo mesta operatora dlya gornodobyvayushchey promyshlennosti na osnove sovmeshcheniya tekhnologiy neyrokomp'yuternogo interfeysa i do-polnennoy real'nosti [Development of the concept of creating a mobile operator's position for the mining industry based on the combination of neurocomputer interface technology and augmented reality] // Sistemy avtomatizatsii v obrazovanii, nauke i proizvodstve: tr. XI Vseross. nauch.-praktich. konf. Novokuznetsk: Sibirskiy Gosudarstvennyy industrial'nyy universitet [Automation systems in education, science and production: proceedings of the XI All-Russian Scientific Practical Conference. Novokuznetsk: Siberian State Industrial University], 2017. PP.47-50.

21. Pat. [Invention] 2435956 Russian Federation [RU]. MPK E21C 41/00. Spособ otkryto-podzemnoy razrabotki moshchnogo pologogo ugol'nogo plasta [Method of Open Underground Development of Thick Flat Coal Bed] / Fedorin V.A., Shakhmatov V.Ya., Anferov B.A., Kuznetsova L.V. Date of filing 05.05.2010. Date of publication 10.12.2011, bull No. 34.

Поступило в редакцию 19.02.2019

Received 19 February 2019