

Способы повышения полноты извлечения запасов угля

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-11-48-54>

ЛЫСЕНКО М.В.

Технический директор
ООО НИЦ-ИПГП «РАНК»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: limak2@yandex.ru

АУШЕВ Е.В.

Заместитель директора
по научной работе и инновациям
ООО НИЦ-ИПГП «РАНК»,
650000, г. Кемерово, Россия

ДУДИН А.А.

Директор ООО НИЦ-ИПГП «РАНК»,
650000, г. Кемерово, Россия

Задача по эффективной отработке угольных пластов подземным способом с каждым годом становится все более актуальной. Это полезно как с точки зрения безопасности дальнейшего ведения горных работ, так и с экономической точки зрения. Система отработки длинными столбами сегодня развивается в сторону увеличения размеров очистного фронта, за счет чего увеличиваются потери в целиках, а их отработка очистным комплексом становится более сложной, снижаются темпы выемки. В представленной работе дана сравнительная оценка отработки экономически нецелесообразных запасов угля с использованием камерно-столбовой, короткозабойной и бурошнековой технологий отработки. Представлены экспериментальные технологические схемы короткого очистного забоя и бурошнековой отработки, перечислены преимущества и достоинства применения предлагаемых технологий.

Ключевые слова: технологии отработки запасов, технологические потери, бурошнековая технология отработки, отработка целиков, камерно-столбовая система отработки, самоходные секции механизированной крепи, современное горное производство.

Для цитирования: Лысенко М.В., Аушев Е.В., Дудин А.А. Способы повышения полноты извлечения запасов угля // Уголь. 2022. № 11. С. 48-54. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-48-54.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на угольных предприятиях России технология добычи угля подземным способом пологих и наклонных пластов основывается на отработке запасов длинными столбами и является преобладающей по сравнению с другими системами разработки пологих и наклонных угольных пластов. При этом камерно-столбовая система отработки применяется лишь на трех шахтах России (ООО «УК «Межегейуголь», шахта «Денисовская и шахта «Восточная-Денисовская»).

Отрабатываемые подземным способом запасы угля условно можно разделить на эффективные для выемки и неэффективные. Неэффективные запасы сосредоточены на выемочных участках с ограниченными размерами, имеют сложную конфигурацию, расположены в зонах влияния геологических нарушений или между ними, то есть запасы, не пригодные для эффективной и безопасной отработки механизированными комплексами системой длинными столбами (рис. 1).

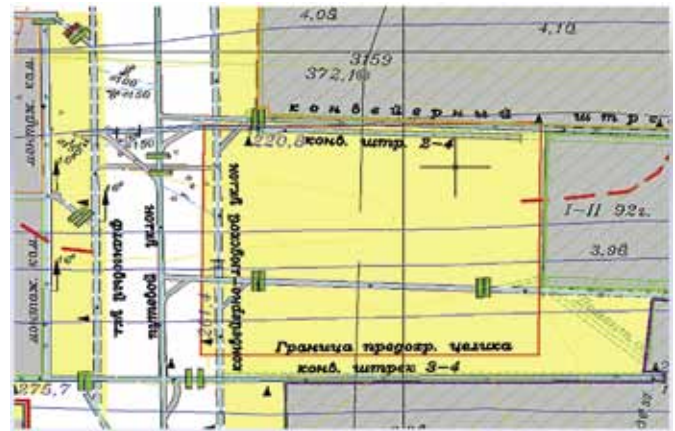
Законодательные и нормативно-правовые акты ставят перед угольными предприятиями жесткие требования по полноте выемки запасов угля в границах шахтного поля и не разделяют запасы по эффективности отработки. Также требования по полной выемке запасов угля не учитывают экономическую эффективность и целесообразность отработки.

Опираясь на вышесказанное, можно сделать вывод, что рентабельности работы угольных предприятий в целом можно достичь за счет наиболее эффективного извлечения угля. Чтобы выполнять условия рентабельности горного предприятия, необходимо осуществлять отработку угольных пластов с минимальными потерями угля за счет применения нескольких разных технологий, которые позволят извлекать запасы угля в различных горно-геологических и горнотехнических условиях.

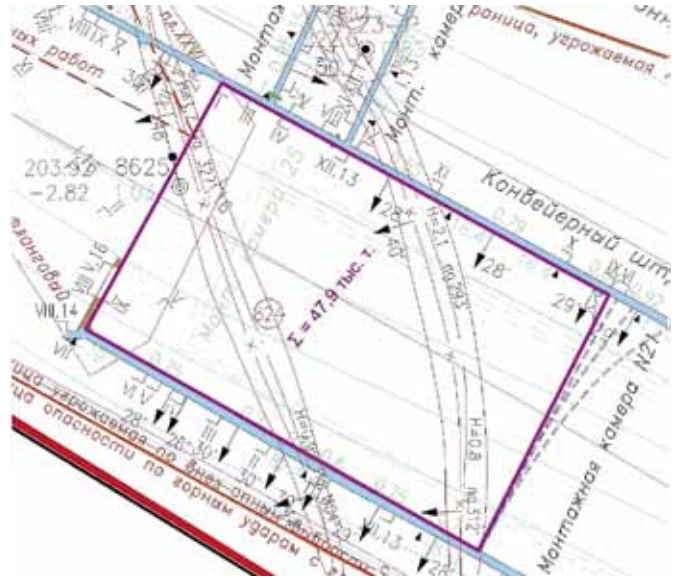
а



б



в



При существующей подготовке и длинно-столбовой системе отработки (ДСО) пологих и наклонных угольных пластов оставляется значительное количество целиков угля с различными параметрами, которые выполняют определенные технологические функции – разделение шахтных полей (блоков), изоляцию эксплуатационных участков, охрану горных выработок и объектов дневной поверхности и др. К ним относятся барьерные, межучастковые (межблоковые), охранные и предохранительные целики. Срок службы этих целиков составляет от нескольких месяцев до нескольких лет. Запасы в пределах таких целиков безвозвратно теряются, так как не могут быть отработаны в настоящее время из-за высокой значимости охраняемых объектов, но могут быть извлечены в будущем после истечения необходимости в этих объектах.

Система отработки длинными столбами для извлечения запасов в таких целиках является не подходящей ввиду ограниченности их размеров и невыдержанности формы.

Для отработки данных запасов возможно применять такие технологии, как:

- камерно-столбовая технология отработки запасов (КСО);
- короткозабойная технология с использованием очистного комбайна МВ330 топo;
- бурошнековая технология отработки.

КАМЕРНО-СТОЛБОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ (КСО)

Одним из классических вариантов КСО является технология с применением проходческой комбайновой техники. При этом подготовка и выемка запасов осуществляются проходческими комбайнами (рис. 2).

Выемка заключается в поочередном проведении камер и погашении междукамерных целиков заходками различной ширины, выбранной в зависимости от устойчивости кровли. Между заходками оставляются подзавальные це-

Рис. 1. Целики угля сложной конфигурации: а – предохранительный целик для охраны горных выработок; б – предохранительный целик для охраны объектов поверхности; в – целик, оставленный из-за нарушений

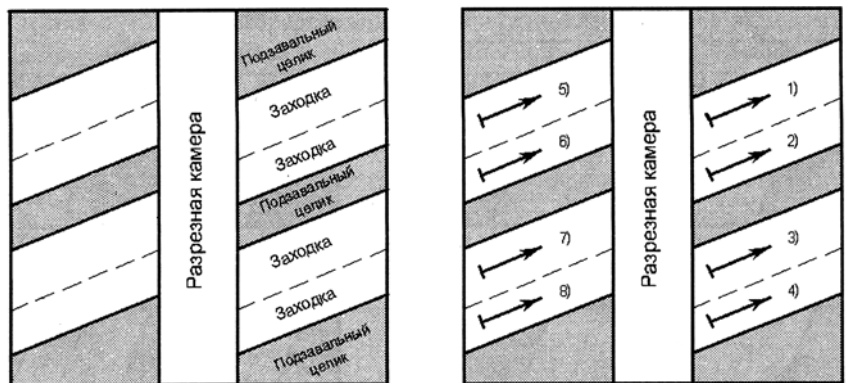


Рис. 2. Схема отработки выемочного участка с использованием проходческого комбайна

лики, ширина которых обеспечивает эффективное управление кровлей в выработанном пространстве.

Быстроразвивающиеся технологии позволяют применять различное современное оборудование для реше-

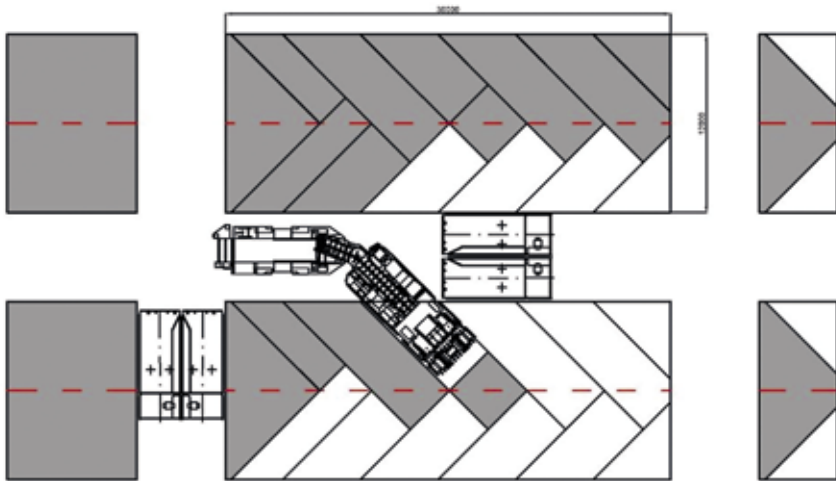


Рис. 3. Схема отработки выемочного участка системой КСО с использованием секций механизированной крепи

Рис. 4. Очистной комбайн MB330 моно



ния актуальных производственных задач. Стремление повысить коэффициент извлечения запасов позволило распространить применение секций механизированной крепи на камерно-столбовую систему отработки (рис. 3).

Отработка выемочного участка осуществляется в нисходящем порядке двух рядом стоящих целиков-столбов косыми заходками. Секции механизированной крепи попарно располагаются на сопряжении рабочего штрека с ходком и на сопряжении с ранее отработанным рядом целиков. Отработка целиков ведется с последовательным передвижением пары № 2 секций самоходной механизированной крепи вслед за комбайном. Пара № 1 механизированных крепей остается неподвижной и принимает на себя возрастающую нагрузку кровли.

При применении различных вариаций камерно-столбовой системы отработки запасов предприятие также сталкивается с проблемой неполного извлечения запасов. Как правило, потери составляют в пределах от 70 до 13% и не являются достаточно точно прогнозируемыми.

КОРОТКОЗАБОЙНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ MB330

Отработка выемочного участка по данной технологии осуществляется механизированным комплексом с очистным комбайном MB330 моно (рис. 4).

Длина очистного фронта составляет от 4,5 до 60 м. Механизированные крепи и забойный конвейер могут применяться от любого другого очистного комплекса с техническими характеристиками, позволяющими обрабатывать угольные пласты мощностью до 2,45 м.

Ключевой особенностью очистного комбайна MB330 моно является его способность осуществлять формирование горной выработки самостоятельно при помощи поворотного редуктора со шнеком (рис. 5). Таким образом, формируется контур горной выработки сводчатой формы, в которой в дальнейшем производятся последующие технологические процессы по креплению и оснащению. На этапе отработки, в зависимости от схемы, формируемая выработка может сохраняться для повторного использования или погашаться вслед за продвижением очистного забоя (рис. 6).

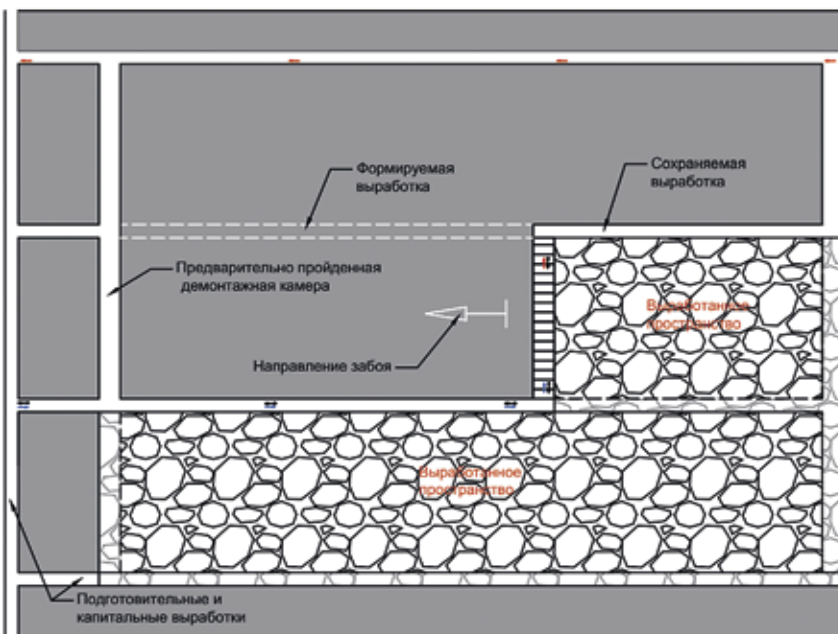


Рис. 5. Технологическая схема короткозабойной отработки с применением очистного комбайна MB330 моно

Разрез по линии А-А

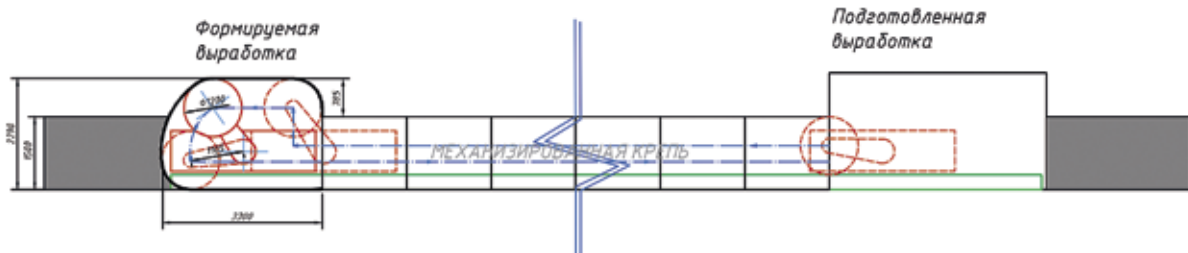


Рис. 6. Схематическая иллюстрация очистного забоя с очистным комбайном MB330 topo

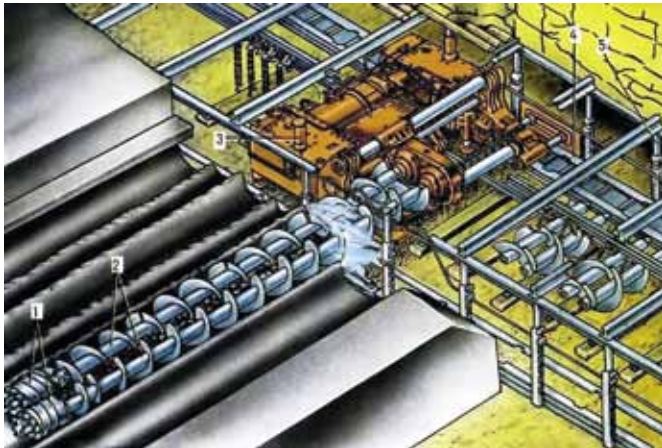


Рис. 7. Бурошнековая машина БУГ для выемки угля в шахтах: 1 – буровые коронки; 2 – сдвоенный шнековый бур; 3 – распорный домкрат; 4 – конвейер; 5 – стойка крепи



Рис. 8. Бурошнековый комплекс в классическом исполнении (Китай)

**БУРОШНЕКОВАЯ
ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ**

Короткозабойная технология с применением бурошнековых комплексов получила известность как бурошнековая технология (выемка). На начальных этапах внедрения и испытания использовались буровые комплексы (БШУ, БШК, БУГ и др.), где основным исполнительным органом выступала буровая коронка (рис. 7, рис. 8).

Исполнительный орган мог сочетать в себе от одного до четырех параллельных буровых ставов, что позволяло подбирать оптимальную ширину выемки. Основным недостатком технологии являлась малая длина буримых скважин – до 35–50 м и, как следствие, высокий удельный объем подготовительных работ.

При этом бурошнековая технология позволяет осуществлять полностью механизированное извлечение угольных пластов и подразумевает выемку запасов угля без крепления и присутствия людей в очистном забое. Бурошнековый комплекс монтируется в подготовительной горной выработке со стороны оставленных ранее целиков. Далее извлечение пласта угля производится путем последовательной отработки заходок, отделенных друг от друга неизвлекаемыми (или извлекаемыми при работе с закладкой) угольными целиками. Транспортирование угля осуществляется от забоя до устья заходки при помощи периодически наращиваемых дополнительных шнековых секций.

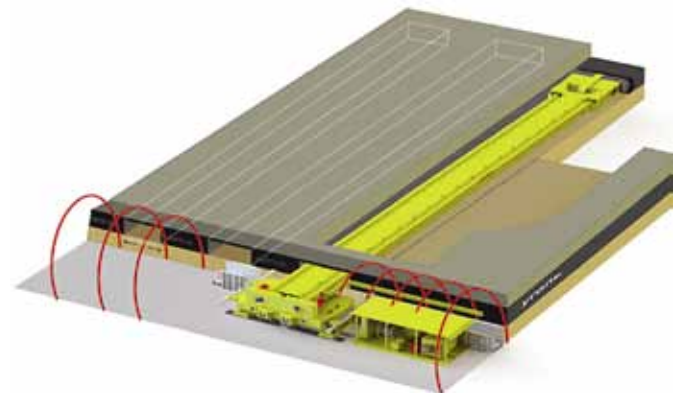


Рис. 9. Схематическая иллюстрация работы бурошнекового комплекса

Современное переосмысление конструкции бурошнекового комплекса позволило повысить его производительность и расширить условия применения (рис. 9).

Управление кровлей осуществляется с помощью целиков угля, образующихся при ведении очистных работ. По своему функциональному назначению целики подразделяются на барьерные (опорные) и междукамерные.

Общая схема расположения барьерных (опорных) и междукамерных целиков угля приведена на рис. 10.

Фронт комплекса состоит из двойного цилиндрического исполнительного органа с резами. Конвейер состоит

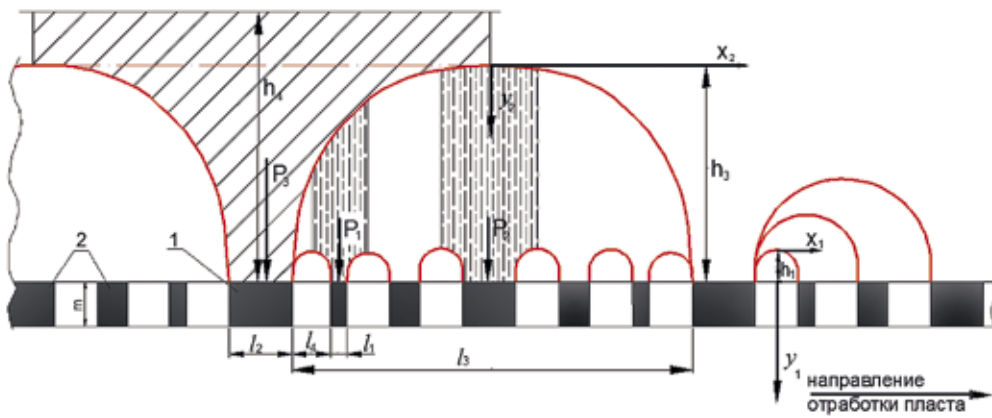


Рис. 10. Общая схема расположения барьерных (опорных) и междукамерных целиков угля:
1 – барьерный (опорный) целик, 2 – междукамерный целик

Сравнение предлагаемых технологий

| Система разработки | Камерно-столбовая с использованием проходческих комбайнов | Короткозабойная с применением очистного комбайна типа МВ 330 топо | Короткозабойная с применением бурошнекового комплекса |
|---|---|---|---|
| Показатели | | | |
| Вынимаемая мощность пластов, м | 1,8–10 | 1,6–2,45 | 0,8–1,6 |
| Суточная нагрузка, т | 800–1500 | 1500–2700 | до 1500 |
| Эксплуатационные потери угля, % | 15–50 | до 20 | до 15 |
| Ширина очистного фронта (забоя), м | до 10 (ограничивается устойчивостью кровли) | 4,5–60 | 2 – 4 (ограничивается устойчивостью кровли) |
| Протяженность участка выемки (глубина заходки), м | до 12–15 м | 200–500 м | до 100 |
| Время перемонтажа, сут. | – | до 15 | до 1 |
| Проведение горных выработок, необходимое для начала работы комплекса, м | В зависимости от размеров вынимаемых целиков от 1000 | В зависимости от размеров вынимаемых целиков от 150 | Используются существующие выработки, для повышения полноты извлечения проводятся дополнительные выработки |
| Использование оборудования для проведения горных выработок | + | - / + | - |
| Отработка участков нестандартных размеров | + | - / + | + |

из секций, оснащенных двойными шнеками, которые движутся в камере. Отгрузка угля осуществляется до скребкового конвейера, который находится под устьем камеры. После выбуривания камеры длиной 60-100 м оборудование переезжает на место засечки следующей камеры.

Основные преимущества использования бурошнековой технологии при отработке запасов угля – отсутствие людей в очистном забое и селективная выемка труднодоступных участков (рис. 11).

Сравнительный анализ предлагаемых технологий представлен в таблице.

Выводы

В настоящий момент на угольных шахтах России из рассмотренных технологий выемки запасов опытное применение получила только камерно-столбовая (КСО) с применением проходческих комбайнов типа Continuous miner. Технология с бурошнековыми комплексами не получила широкого распространения, так как в первоначальном исполнении добыча угля производилась выбуриванием и была непроизводительна, однако на настоящий момент разработаны более производительные комплексы с иным типом исполнительного органа.



Рис. 11. Технологическая схема бурошнековой отработки

Короткозабойная технология с использованием очистного комбайна МВ330 топю не имеет практического опыта работы на отечественных шахтах.

Рассматривая возможность применения нового подхода для отечественного горного производства, заключающегося в сочетании способов отработки, можно сделать следующие выводы:

- технология выемки запасов угля подземным способом не ограничена длинно-столбовой системой отработки;
- применение различных технологий отработки запасов в пределах отработки одного шахтного поля является актуальной задачей на современном горном производстве;
- сочетание нескольких технологий может значительно повысить коэффициент извлечения запасов и тем самым снизить технологические потери.

Ярким примером сочетания технологий отработки в пределах одного шахтного поля является шахта «Восточная-Денисовская» (ООО «УК «Колмар»), где в настоящий момент одновременно применяются системы отработки ДСО и КСО, обеспечивающие наиболее полное извлечение запасов и высокую производительность.

Список литературы

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2018. 198 с.
3. Методические рекомендации по выбору геомеханических параметров технологии разработки угольных пластов короткими забоями. Министерство энергетики РФ, РАН, ВНИМИ. СПб.: 2003.
4. Повышение эффективности и безопасности отработки целиков при камерно-столбовой системе разработки угольных пластов. / Ю.М. Филатов, В.В. Семенов, С.А. Прокопенко и др. // Уголь. 2018. № 12. С. 16-20. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-12-16-20.
5. Борщ-Компониц В.И. Практическая механика горных пород. М: Горная книга, 2013. 322 с.
6. Пучков Л.А., Жежелевский Ю.А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. Т. 1. М.: Горная книга, 2017. 562 с.
7. Дегтярев Д.Н., Калинин С.И., Филимонов К.А. Технологические схемы отработки мощных пологих пластов камерно-столбовой системой на полную мощность. Область применения // Вестник КузГТУ. 2012. № 3. С. 68-73.
8. Опыт повышения коэффициента извлечения запасов угля при камерно-столбовой системе разработки. / А.В. Айкин, И.П. Трандин, А.С. Позолотин и др. // Уголь. 2019. № 3. С. 55-59. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-55-59.
9. William G. Pariseau. Design Analysis in Rock Mechanics. Taylor & Francis Group. London: 2017. 714 p.
10. John A. Hudson. Rock Engineering Risk. Taylor & Francis Group, London: 2015. 596 p.
11. Geomechanics of Mine Workings Support Systems / V. Bondarenko, I. Kovalevska, H. Symanovych et al. Taylor & Francis Group. London: 2018. 231 p.
12. Морев А.Б., Котлярский И.А., Мудряк В.А. Бурошнековые установки для выемки угля. М.: Недра, 1973. 128 с.
13. A new underground auger mining system / I.L. Follington, D. Deeter, D. Share et al. // The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy. 2001. January/February. P. 25-32.

Original Paper

UDC 622.273.3 © M.V. Lysenko, E.V. Aushev, A.A. Dudin, 2022
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 11, pp. 48-54
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-11-48-54>

Title

WAYS TO INCREASE THE RECOVERY RATIO OF COAL RESERVES

Authors

Lysenko M.V.¹, Aushev E.V.¹, A.A. Dudin¹

¹ NITS-IPGP "RANK" LLC (Scientific Research Center – Institute of Design of Mining Enterprises "Rank"), Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors Information

Lysenko M.V., Technical Director, e-mail: limak2@yandex.ru

Aushev E.V., Deputy Director for Research and Innovations

Dudin A.A., Director

Abstract

The task of effective mining of coal seams using the underground method becomes increasingly important with each passing year. It is beneficial both in terms of the safety of further mining operations and from the economic point of view. The longwall mining method nowadays tends to develop towards increasing the size of the working face which leads to higher material loss in the pillars, while their recovery with the stoping complex becomes more complicated, and the rate of excavation goes down as well.

This paper provides a comparative assessment of the mining the economically unviable coal reserves using the room-and-pillar, shortwall and augering mining methods. Experimental technological workflows of shortwall mining

and augering are presented with advantages and advantages of the proposed technologies being specified.

Keywords

Reserve mining techniques, Process losses, Auger mining method, Pillar recovery, Room and pillar mining method, Self-propelled powered roof support, Contemporary mining operations.

References

1. Federal Law on Industrial Safety of Hazardous Production Facilities No. 116-FZ as of July 21, 1997. (In Russ.).
2. 'Safety Rules in Coal Mines' Federal Norms and Rules in Industrial Safety. Series 05. Issue 40. Moscow, Scientific Technical Center of Industrial Safety Problems Research CJSC, 2018, 198 p. (In Russ.).
3. Methodological recommendations for the selection of geomechanical parameters in coal mining with short wall method. Ministry of Energy

UNDERGROUND MINING

of the Russian Federation, Russian Academy of Sciences, Research Institute of Mining Geomechanics and Mine Surveying St. Petersburg, 2003. (In Russ.).

4. Filatov Yu.M., Sementsov V.V., Prokopenko S.A., Ermolaev A.M. & Sobolev V.V. Efficiency and safety improvement of pillar recovery during room and pillar coal mining. *Ugol*, 2018, (12), pp. 16-20. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-12-16-20.

5. Borsch-Komponietz V.I. Practical rock mechanics. Moscow, Gornaya Kniga Publ., 2013, 322 p. (In Russ.).

6. Puchkov L.A. & Zhezhelevsky Yu.A. Underground mining of mineral deposits. Vol. 1, Moscow, Gornaya Kniga Publ., 2017, 562 p. (In Russ.).

7. Degtyarev D.N., Kalinin S.I. & Filimonov K.A. Technological flow sheets for mining thick gently sloping seams using the room-and-pillar method at full capacity. Scope of application. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2012, (3), pp. 68-73. (In Russ.).

8. Aikin A.V., Trandin I.P., Pozolotin A.S., Lysenko M.V. & Zayatdinov D.F. Experience of improving coal mining recovery factor in room-and-pillar mining system. *Ugol*, 2019, (3), pp. 55-59. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-55-59.

9. William G. Pariseau. Design Analysis in Rock Mechanics. Taylor & Francis Group. London: 2017. 714 p.

10. John A. Hudson. Rock Engineering Risk. Taylor & Francis Group, London: 2015. 596 p.

11. Bondarenko V. Geomechanics of Mine Workings Support Systems / Volodymyr Bondarenko, Iryna Kovalevska, Hennadiy Symanovych, Mykhaylo Barabash, Oleksandr Vivcharenko. Taylor & Francis Group. London: 2018. 231 p.

12. Morev A.B., Kotlyarskiy I.A. & Mudryak V.A. Auger units for coal mining. Moscow, Nedra Publ., 1973, 128 p. (In Russ.).

13. Follington I.L., Deeter D., Share D. & Moolman C. A new underground auger mining system. *The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, 2001, January/February, pp. 25-32.

For citation

Lysenko M.V., Aushev E.V. & Dudin A.A. Ways to increase the recovery ratio of coal reserves. *Ugol*, 2022, (11), pp. 48-54. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-48-54.

Paper info

Received October 14, 2022

Reviewed October 23, 2022

Accepted October 26, 2022

СУЭК в Красноярском крае

продолжает модернизировать горную технику

Предприятия СУЭК в Красноярском крае готовы к росту производственных нагрузок, связанных с началом отопительного сезона. На угольных разрезах продолжаются ремонты и подготовка к зиме горного оборудования.

На Бородинском разрезе, который является основным поставщиком топлива для станций угольной генерации Красноярского края и Сибири, встал в забой после масштабной модернизации экскаватор ЭРП-1600 № 5. Он стал четвертой роторной машиной, где произошли глобальные перемены, и первой в семействе роторов, включенной в современную систему диспетчеризации.



«На машине полностью обновлена электрическая часть, – рассказывает главный энергетик Бородинского разреза Александр Авилочев. – Место электрических машин постоянно-го тока на всех главных приводах применяются простые в эксплуатации и надежные асинхронные электрические двигатели, они защищены от перегрузок при работе в разных режимах и могут осуществлять самоконтроль».

Большие изменения произошли в кабинах роторного экскаватора – помимо косметического ремонта здесь появились эргономичные антивибрационные кресла, оснащенные джойстиком, и дисплеи, куда будут поступать данные о работе электрооборудования и основных узлов машины. Многозонный обзор

машина получит благодаря камерам, позволяющим видеть «слепые» зоны.

Полностью отремонтировали и механическую часть машины: механизмы хода, разгрузочное устройство, заменили канаты роторной стрелы, провели замену масла в редукторах поворотов, установили экономичные теплофоны.

«Осваиваем с экипажем новое оборудование и с нетерпением ждем завершения апробации, чтобы начать погрузку», – говорит старший машинист ЭРП-1600 № 5 Максим Шанкин.

Модернизация экскаваторов ведется на всех предприятиях СУЭК в Красноярском крае: на них устанавливают оборудование нового поколения, повышая, таким образом, коэффициент технической готовности машин, а значит, надежность обеспечения теплостанций топливом.

