

ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ БЕЗЛЮДНОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ

МАХНО Д. Е.¹, АВДЕЕВ А. Н.², ПЕРФИЛЬЕВ В. А.¹

¹ Иркутский национальный исследовательский технический университет
(Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83)

² Институт горного дела Уральского отделения РАН
(Россия, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58)

Введение. В условиях выемки весьма тонких пластов технология отработки с использованием механизированных крепей практически исключает возможность поддержания требуемых габаритов для прохода (пролаза) людей. Технология выемки требует принципиально нового подхода, исключающего применение крепления. В этих условиях технология ведения работ основана на поддержании предельных обнажений выработанного пространства, исключая возможность применения механизированных крепей. Управление кровлей сводится к удержанию кровли на цепиках, что влечет за собой потери полезного ископаемого при выемке угля либо при предварительной нарезке выемочной камеры и подготовке камер буровой техникой. Это влечет за собой особые требования к технике, которая должна обеспечивать направление буровых скважин в зависимости от горно-геологических условий разработки. Потери полезного ископаемого могут достигать более 20–30 % от суммарного уровня запасов.

Анализ технологий выемки угля. Анализируются возможные пути развития технологии безлюдной выемки угля: создание облегченных крепей (отпускные крепи, пневматические перекрытия); отработка тонких пластов комплексами типа БУГ-2, КМД, угольными пилами, универсальными комплексами типа КГРП; отработка залежи гидромонитором.

Выводы. Рассмотренные технические решения наиболее технологичны и поэтому представляются самыми перспективными при отработке тонких пластов в условиях стесненности горных работ в очистном пространстве. Их применение существенно повысит безопасность и эффективность отработки угольных месторождений, позволит обрабатывать забалансовые запасы угольных шахт.

Ключевые слова: безлюдная выемка угля; комплексная механизация; угольные месторождения.

Введение. Безлюдная выемка угля предполагает вывод людей из очистного пространства наиболее опасной зоны технологического цикла, подверженной повышенной вероятности взрыва пыли, газа, внезапных выбросов угля и газа. Несмотря на то что в очистном забое занято не более 30 % от общего объема трудоемкости горных работ, значимость их резко возрастает, особенно с уменьшением мощности разрабатываемого пласта. В последние годы снижение трудоемкости отработки тонких пластов частично решается за счет автоматизации горных работ на базе применения средств комплексной механизации. Стесненность условий и высокий уровень газоносности пластов не всегда обеспечивают достижение поставленной цели. В этих условиях необходим принципиально новый подход к технологии выемки тонких и весьма тонких пластов. Решения видятся при переходе на принципиально новую технологию – технологию безлюдной выемки угля.

Традиционной технологией отработки тонких пластов является применение комплексной механизации на базе выемочных машин (комбайны, струг), механизированной крепи, скребкового конвейера и перегружателя. В наборе перечисленных технических средств на металлоемкость механизированной крепи приходится до 90–95 % от общей тяжести оборудования. Это влечет за собой повышенную трудоемкость и стоимость обслуживания этой техники. Общая тен-

денция увеличения длины лавы с целью сокращения затрат на концевые операции влечет за собой дополнительное увеличение этих затрат. Переход на автоматический режим управления оборудованием требует особых горно-геологических условий, связан с дополнительными затратами и не всегда отвечает требованиям рентабельности [1–8]. Сокращение технологических затрат видится в уменьшении расходов на крепление и управление кровлей в целом. В этом направлении и идет поиск решений, принципиально новых технологий, основанных на технологии безлюдной выемки угля.

Так, в последние годы наметились пути создания крепей облегченной конструкции. Имеется первый опыт испытания опускных крепей, пневматических перекрытий, работы без крепления забоя с удержанием кровли на целиках либо специальных конструкциях. Во всех вариантах резко снижаются затраты на крепление и управление кровлей либо создаются условия для полного вывода людей из очистного пространства. Рассмотрим основные варианты этих решений.

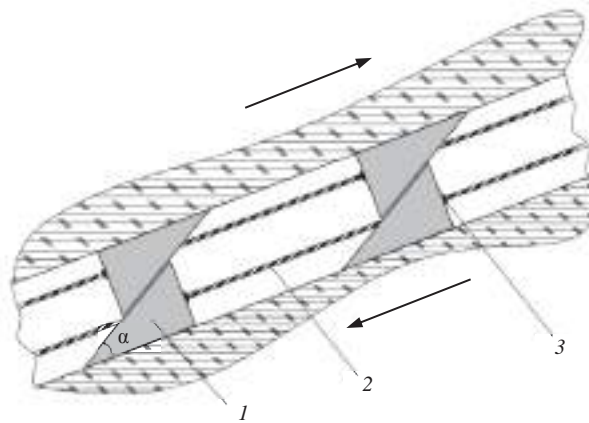


Рис. 1. Опускная крепь для тонких пластов:

1 – распорные блоки крепи; 2 – металлические тросы; 3 – стопоры

Fig. 1. Lowered support for thin beds:

1 – strut support blocks; 2 – metal reinforced cables; 3 – locks

Анализ технологий безлюдной выемки угля. Опускные крепи. Гирлянда опускных крепей (рис. 1), состоящая из треугольных блоков, скрепленных стальными канатами, протягивается вдоль забоя и расклинивается между почвой и кровлей пласта. Расклиниванием блоков обеспечивается предварительный распор крепи. Интервал установки крепи соответствует ожидаемому шагу обрушения кровли. Установка крепи производится дистанционно со штреков. Блоки изготавливаются на цементной основе или основе из деревянных брусьев. Шаг установки крепи подбирается исходя из устойчивости обнажений боковых пород. Опускные крепи рассчитаны на отработку весьма тонких пластов и не требуют присутствия людей в очистном забое. Углом конусности регулируется режим работы крепи.

Пневматические перекрытия. Облегченные конструкции пневматических опускных крепей (ДО-06; ДО-08) и пневматических костров (6ПМ) представлены в табл. 1 и 2 [9].

Работа тонкостенных надувных конструкций обеспечена за счет большой площади распора при стандартном давлении компрессора. Передвижение крепи вслед за забоем обеспечено при разгрузке пневматических конструкций. Костры легко передвигаются за счет простых тяговых средств с дистанционным управлением движением конструкций.

Наиболее простыми, отвечающими требованиям безлюдной выемки угля являются технологии обработки тонких пластов комплексами типа КМД, угольными пилами, а также более универсальными комплексами типа КГРП.

Бурошнековая выемка (БУГ-2; БШУ) применяется для выемки весьма тонких пластов (рис. 2). Под бурошнековым способом выемки понимают разработку пологих угольных пластов без крепления и присутствия людей в очистном забое. Выемка происходит путем последовательного бурения скважин (диаметром несколько меньшим, чем мощность пласта), отделенных одна от другой угольными целиками, неизвлекаемыми или извлекаемыми частично. Нарезается столб угля шириной 100–300 м. Бурение может осуществляться с конвейерного штрека при одностороннем способе, с конвейерного и вентиляционного одновременно навстречу друг другу. Также возможно выбуривание с конвейерного штрека в обе стороны. Диаметр буровых коронок может достигать 800 мм и более.

Таблица 1. Длинномерные оболочки
Table 1. Long shells

Показатель	ДО-06	ДО-08
Раздвижность (мощность пласта), м	0,2–0,5	0,2–0,7
Длина крепи (оболочки), м	11,0	11,0
Давление сжатого воздуха, МПа	Не более 0,3	Не более 0,2
Усилие распора крепи, кН	1800	1800

Бурошнековая установка имеет два буровых става, которые вращаются в разные стороны. За один проход бурения прямым ходом выбуривается две скважины диаметром по 800 мм. Возможно бурение прямым ходом скважин меньшего диаметра, а при обратном ходе устанавливаются расширители и скважины разбуриваются до большего диаметра. При обратном ходе происходит расширение скважин [10].

Таблица 2. Костры пневматические
Table 2. Pneumatic chocks

Показатель	6ПМ-2	6ПМ-3	6ПМ-4
Диапазон раздвижности (мощность пласта), м	0,4–0,7	0,6–1,0	0,8–1,2
Давление воздуха, МПа	0,3–0,5	0,3–0,6	0,3–0,5
Усилие распора, кН	100–250	100–300	100–300
Масса костра, кг	50	70	90

Установка БУГ перемещается вдоль забоя по рельсовому пути. Выемка угля – камерами с управлением кровлей удержанием на целиках, оставляемых в пределах устойчивости обнажений. В 1968 г. была выпущена опытная партия машин БУГ-2 в количестве 6 установок. В последующем идея установки была реализована в технике типа КГРП (комплекс глубокой разработки пластов) рядом зарубежных фирм. Установка предназначена для обработки камер мощностью до 4 м с управлением кровлей удержанием на целиках в пределах допустимых обнажений кровли.

Комплекс КМД (рис. 3) также реализует принцип камерно-столбовой системы разработки, но с уменьшением уровня потерь полезного ископаемого. Обработка производится в две стадии. Первоначально снизу вверх проводится камера. При обратном движении бурового става камера расширяется до предельно допусти-

мых обнажений с оставлением целиков. Возможна закладка первоначальной камеры породой, в последующем играющей роль охранной бутовой полосы. В этом случае сокращаются потери полезного ископаемого.

Выемка с гидромонитором. В условиях гидрошахт возможна обработка залежи гидромонитором в пределах допустимых обнажений кровли пласта.

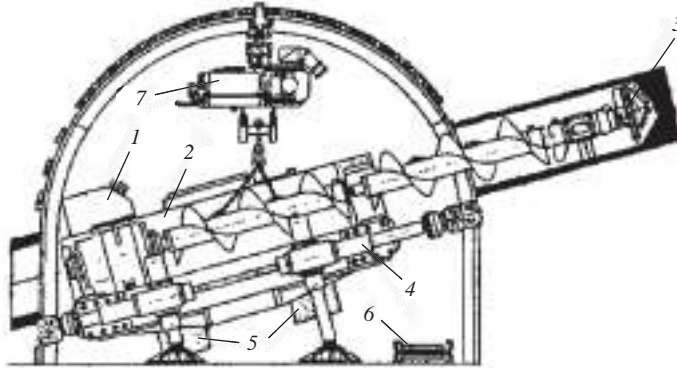


Рис. 2. Бурошнековая установка БШУ:

1 – пульт управления; 2 – секция шнекового бора; 3 – буровая коронка;
4 – распорные гидродомкраты; 5 – гусеничные траки ходовой части машины;
6 – конвейер; 7 – монорельсовый гидравлический подъемник

Fig. 2. Auger drilling plant BShU:

1 – remote control; 2 – auger drill section; 3 – drilling bit; 4 – strut hydraulic jacks;
5 – chain tracks of machine's running gear; 6 – conveyor; 7 – monorail hydraulic elevator

Выемка угля гидромонитором с последующим transportом водой существенно упрощает технологию ведения горных работ. Это способствует росту производительности. Так, в 1980-е гг. на шахте «Юбилейная» три бригады добились выработки по 1 млн т угля в год.

Угольные пилы (рис. 4) имеют исполнительный орган в виде каната (диаметр 16–18 мм) или корабельной цепи с насаженными на них через каждые 0,77–1 м, зафиксированными стопорными болтами, фрезами (10–12 штук) с зубьями, армированными пластинами из твердых сплавов (цепной фрагмент исполнительного органа при помощи втулок на концах соединяется со стальными канатами); привод, сообщающий пиле возвратно-поступательное движение и осуществляющий одновременно ее подачу на забой; направляющие блоки, устанавливаемые в вентиляционном штреке у устья скважин.

Исполнительный орган угольной пилы располагают у почвы пласта. Выемка коротких столбов (полос) наклонной высотой 30–60 м, шириной 4–15 м ведется по восстанию с магазинированием угля или без него. Управление кровлей – обычно обрушением на целики.

Угольные пилы – наиболее простой вариант выемки пластов крутого падения [11, 12]. Здесь нет ограничений в мощности пластов и в амплитуде ее колеба-



Рис. 3. Комплекс КМД-2 с пневмоприводом

Fig. 3. KMD-2 complex with pneumatic drive

ния. Сложности возникают лишь с направленностью буримых скважин, от которых зависит уровень потерь полезного ископаемого. Первоначально идет подготовка выемочных камер в пределах допустимых обнажений, затем – подрубка, она же выемка угля. Профиль пилы обеспечивает подрубку пласта по почве с обрушением верхней пачки угля. В условиях повышенной мощности пласта применяется пила пространственной конструкции. В зоне сопряжения со штреком канаты пилы сопровождаются направляющими рамками, которые контролируют направленность движения тяговых органов.

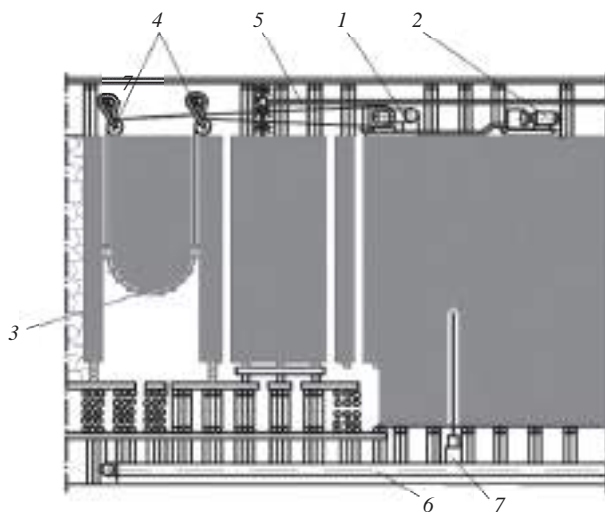


Рис. 4. Угольные пилы:

1 – привод; 2 – насосная станция; 3 – исполнительный орган пилы;
4 – направляющие блоки; 5 – оросительная установка; 6 – скребко-
вый конвейер; 7 – буровой станок

Fig. 4. Coal saws:

1 – drive; 2 – pumping plant; 3 – saw's executive device; 4 – lead blocks;
5 – irrigation plant; 6 – flight conveyor; 7 – drilling rigs

Установка КГРП. К сожалению, описанные конструкции средств механизации в силу малой производительности находят применение лишь в единичных вариантах. В промышленных масштабах эта идея применяется в комплексах типа КГРП и их разновидностях. Комплексы типа The Thin Seam Miner [4] работают по принципу *бурение–извлечение*. Выпущено 85 комплектов, успешно работающих в России, Индии, Индонезии. Современные модели РТП рассчитаны на отработку угольных пластов мощностью 1,11–4,8 м с углами залегания пласта до 25°, а также пластов большей мощности с углами залегания 50°–90°. Режущий модуль комплекса врезается в глубь пласта на расстояние до 300 м. Крутопадающие пласты отрабатываются вдоль простирания. Комплекс КГРП перемещается по траншее на гусеничных тележках, наращиваемая стрела – она же шнековый конвейер – транспортирует уголь до места перегрузки. Возможна загрузка непосредственно в транспортное средство вертикальным конвейером. Секции стрелы длиной 6,1 м. Установка работает от дизельного или электрического привода. Управление кровлей посредством удержания на целиках. Производительность комплекса – 600 тыс. т в год. Общий объем добычи угля с применением РТП в США в 2015 г. составил 30 млн т в год. Комплекс КГРП успешно работает на шахте «Распадская» [4].

Установка КГРП представляет собой комбайн с телескопическим рабочим органом. Выбуривание пласта производится с выработанного участка разреза длиной до 300 м на ширину рабочего органа. Между столбами вынутаго угля оставляются целики. Выемка производится без присутствия людей в забое. За процессом ведется наблюдение при помощи датчиков и видеокамер, установленных на рабочем органе.

Выводы. Реализация технических решений безлюдной выемки угля в промышленных масштабах подтверждает актуальность изыскания новых направлений исследований. Такие решения могут быть основаны на подземной газификации и выжигании угля, химико-биологических и других методах и способах добычи полезных ископаемых, исключая необходимость присутствия людей в очистном пространстве.

Разнообразие технических средств безлюдной выемки угля, основанных на исключении из технологической цепочки наиболее трудоемкой операции – крепления забоя, подтверждает актуальность поиска решений. Это подтверждается широким применением комплексов типа КГРП, а также другими решениями, исключающими возможность и необходимость нахождения людей в очистном пространстве [6, 7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Махно Д. Е. Перспективы развития средств комплексной механизации очистных работ на пластах крутого падения // Известия вузов. Горный журнал. 2015. № 7. С. 4–8.
2. Чернегов Ю. А. Нетрадиционные решения в горной промышленности. М.: Недра, 1991. 331 с.
3. Угольная промышленность за рубежом / В. Е. Зайденварг [и др.]. М.: Горная промышленность, 1993. 389 с.
4. Махно Д. Е. Горные машины и оборудование (для подземных работ). Иркутск: ИрГТУ, 2004. 240 с.
5. Махно Д. Е. Проблемы комплексной механизации горных работ при подземной технологии выемки: монография. Иркутск: ИрГТУ, 2013. 134 с.
6. Нецветаев А. Г., Григорян А. А., Пружина Д. И. Развитие технологии безлюдной угледобычи с применением комплексов КГРП // Горная промышленность. 2015. № 4. С. 87–93.
7. Garty G. Litvinsky. Problem eksploatacji cienkich pokladow w ukrainkich kopalniach wengla kamiennogo Zaglebja Donieckiego // Proceeding of the School of Underground Mining-2002: International Mining Forum, Polish Academy of Science. Krakow: Nauka-Technika, 2002. P. 347–363.
8. Грищенко А. Н. Проблемы эргономики при организации и ведении работ на тонких пластах угля // Уголь Украины. 2000. № 1. С. 32–34.
9. Машины для угольной промышленности: справочник / В. Н. Хоронин [и др.]. М.: Недра, 1968. 299 с.
10. Выемка угля безлюдными способами / А. Е. Левкович [и др.]. Киев: Техника, 1992. 214 с.
11. Буденный М. М., Чижиков Н. В., Солдатов А. И., Малакей А. Н., Репетенко М. В. Бурошневая добыча угля на шахтах Украины // Горные машины. 2003. № 10. С. 2–4.
12. Нецветаев А. Г., Григорян А. А., Пружина Д. И. Оборудование и технология для безлюдной добычи угля из-под бортов открытых разработок // Уголь. 2015. № 10. С. 36–40.

Поступила в редакцию 27 апреля 2018 года

Махно Д. Е., Авдеев А. Н., Перфильев В. А. Перспективы и возможности безлюдной выемки угля // Известия вузов. Горный журнал. 2018. № 7. С. 14–20.

Сведения об авторах:

Махно Дмитрий Евсеевич – доктор технических наук, профессор, научный консультант института недропользования Иркутского национального исследовательского технического университета. E-mail: makhno@istu.edu

Авдеев Аркадий Николаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории геодинамики и горного давления Института горного дела Уральского отделения РАН. E-mail: avdeev0706@mail.ru

Перфильев Виталий Андреевич – аспирант кафедры горных машин и электромеханических систем Иркутского национального исследовательского технического университета. E-mail: capral98@mail.ru

PROSPECTS AND POSSIBILITIES OF MANLESS COAL WINNING

Makhno D. E.¹, Avdeev A. N.¹, Perfil'ev V. A.¹

¹ Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia.

Introduction. In conditions of rather thin beds excavation, mining technology with the use of mechanized supports almost excludes the possibility to maintain required dimensions for people passing (climbing) through. The technology of winning requires brand new approach excluding the use of support. In these conditions the technology of operations is based on maintaining ultimate uncovering of the mined-out area excluding the possibility of applying mechanized supports. Roof control reduces to keeping roof on pillars which leads to mineral loss under coal winning or under extraction chamber primary mining, and chambers development with drilling equipment. It results in some requirements to equipment which must direct the borehole depending on mining-geological conditions of excavation. Mineral loss can reach more than 20–30% of total reserves.

Analysis of coal winning technology. Possible ways of developing the technology of manless coal winning are analyzed: creation of lightened supports (lowered supports, pneumatic floors), thin beds mining with complexes BUG-2, KMD, coal saws, universal complexes of KGRP type, and deposit mining with a hydromonitor.

Conclusions. The examined engineering solutions are more technological and therefore turn out to be the most prospective when mining thin beds in the conditions of the lack of space in the stope. Their use will significantly improve security and effectiveness of coal deposits mining, and will make it possible to coal mines total resources.

Key words: manless coal winning; complex mechanization; coal deposits.

DOI: 10.21440/0536-1028-2018-7-14-20

REFERENCES

1. Makhno D. E. [Future development of stoping complex mechanization techniques at steeply pitching beds]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2015, no. 7, pp. 4–8. (In Russ.)
2. Chernegov Iu. A. [Unconventional solutions in mining industry]. Moscow, Nedra Publ., 1991. 331 p.
3. Zaidenvarg V. E., and others. [Mining industry abroad]. Moscow, Gornaia promyshlennost' Publ., 1993. 389 p.
4. Makhno D. E. [Mining machines and equipment (for underground works)]. Irkutsk, ISTU Publ., 2004. 240 p.
5. Makhno D. E. [Problems of integrated mechanization of mining operations in underground winning technology]. Irkutsk, IrSTU Publ., 2013. 134 p.
6. Netsvetaev A. G., Grigorian A. A., Pruzhina D. I. [The development of manless coal winning with the use of KGRP complexes]. *Gornaia promyshlennost' – Mining Industry*, 2015, no. 4, pp. 87–93. (In Russ.)
7. Garry G. Litvinsky. Problem eksploatacji cienkich pokladow w ukraińskich kopalniach węgla kamiennogo Zaglebja Donieckiego. *Proceeding of the School of Underground Mining-2002: International Mining Forum, Polish Academy of Science*. Krakow, Nauka-Technika Publ., 2002, pp. 347–363.
8. Grishchenko A. N. [Problems of human factors and ergonomics when organizing and carrying out works at thin coal beds]. *Ugol' Ukrainy – Coal of the Ukraine*, 2000, no. 1, pp. 32–34. (In Russ.)
9. Khoronin V. N., and others. [Reference Book "Machines for Coal Industry"]. Moscow, Nedra Publ., 1968. 299 p.
10. Levkovich A. E., and others. [Coal winning with the use of manless methods]. Kiev, Tekhnika Publ., 1992. 214 p.
11. Budennyi M. M., Chizhikov N. V., Soldatov A. I., Malakei A. N., Repetenko M. V. [Auger drilling coal mining at the shafts of the Ukraine]. *Gornye mashiny – Mining Machines*, 2003, no. 10, pp. 2–4. (In Russ.)
12. Netsvetaev A. G., Grigorian A. A., Pruzhina D. I. [Equipments and technology for manless coal mining from under the edges of open works]. *Ugol' – Coal*, 2015, no. 10, pp. 36–40. (In Russ.)

Information about authors

Makhno Dmitrii Evseevich – Doctor of Engineering Science, Professor, scientific advisor of the Institute of Subsoil, Irkutsk National Research Technical University. E-mail: makhno@istu.edu

Avdeev Arkadii Nikolaevich – Candidate of Engineering Science, Associate Professor, Irkutsk National Research Technical University. E-mail: avdeev0706@mail.ru

Perfil'ev Vitalii Andreevich – PhD student, Irkutsk National Research Technical University. E-mail: capra198@mail.ru