

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕМОНТАЖНОЙ КАМЕРЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Г. Н. Карпов¹, Е. Р. Ковальский¹, А. А. Носов¹

¹ Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия, 199106.
karpov_gn@pers.spmi.ru

Аннотация: Актуальность вопроса о повышении эффективности монтажно-демонтажных работ при разработке пологих угольных пластов большой мощности сохраняется уже на протяжении многих лет и постоянно возрастает в связи с общим осложнением условий ведения горных работ. В статье представлены результаты рассмотрения опыта монтажно-демонтажных работ на шахтах России, описаны достоинства и недостатки основных технологий формирования демонтажных камер. К числу последних относятся заблаговременная проходка опережающей демонтажной выработки и формирование камеры непосредственно очистным забоем. В статье показано, что на практике ведение монтажно-демонтажных работ может приводить к продолжительным простоям очистных механизированных комплексов, особенно в период демонтажа. В свою очередь, простой добычного оборудования, достигающие несколько десятков суток, наносят предприятию существенный экономический ущерб. Основной причиной увеличения продолжительности демонтажа является неустойчивое состояние пород непосредственной кровли над демонтажной камерой. Разупрочнение кровли и потеря ее устойчивости при вводе комплекса в демонтажную выработку происходит в результате длительного воздействия опорного давления приближающейся лавы. Авторами статьи предлагается способ формирования демонтажной камеры, в котором породы непосредственной кровли над будущим местом демонтажа заблаговременно извлекаются, а на их месте возводится искусственный закладочный массив. В результате искусственная кровля в демонтажной камере позволяет более эффективно проводить мероприятия по ее креплению и управлению в сравнении с естественной кровлей. В свою очередь, это повышает эффективность и безопасность труда горнорабочих при ведении демонтажных работ.

Ключевые слова: добыча угля, демонтаж, очистной механизированный комплекс, шахта-лава, формирование демонтажных камер, предварительно пройденная демонтажная камера, закладочный массив, крепление кровли.

Благодарности: Исследование выполнено за счет субсидии на выполнение государственного задания в сфере научной деятельности на 2021 год №FSRW-2020–0014.

Для цитирования: Карпов Г. Н., Ковальский Е. Р., Носов А. А. Способ формирования демонтажной камеры при разработке пологих угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 6–1. — С. 54–67. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_61_0_54.

Longwall recovery room erecting method for flat coal seam mining

G. N. Karpov¹, E. R. Kovalski¹, A. A. Nosov¹

¹ Saint-Petersburg mining university, Saint-Petersburg, Russian Federation, 199106.
karpov_gn@pers.spmi.ru

Abstract: The importance of improving the efficiency of longwall move operations in conditions of thick flat coal seams mining has been discussed for years and is still increasing due to the general complication of geological conditions. The article presents a brief review of longwall transfers results at Russian coal mines, describes the advantages and disadvantages of the basic technologies of recovery room erecting. The latter include the pre-driven and traditional methods. It is marked that in practice move operations may result long-term longwall idle, especially at the recovery stage. In turn, these idles, lasting for months, incur significant economical loss to the company. The main reason for increase of longwall recovery idles duration is low stability of immediate roof. It should be mentioned, that face advance rate reduces at recovery room erecting period, so the pressure influence time grows. The authors of the article propose a method for recovery room erection based on preliminary extraction of weak roof rocks above the recovery place and their following replacement by backfill material. As a result the artificial roof allows for its more effective control in comparison with traditional methods. This also improves the efficiency and safety of miners during the recovery operations.

Key words: coal mining, longwall recovery, longwall face equipment, single-face mine, recovery room erecting, pre-driven recovery room, backfill material, roof control.

Acknowledgment: The research was carried out at the expense of a subsidy for the fulfillment of a state task in the field of scientific activity in the year 2021 №FSRW-2020–0014.

For citation: Karpov G. N., Kovalski E. R., Nosov A. A. Longwall recovery room erecting method for flat coal seam mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(6–1):54–67. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_61_0_54.

Введение

В последние годы в угольной промышленности России наблюдается отчетливая тенденция к увеличению нагрузки на очистные забои, оборудованные механизированными комплексами, с одновременным сокращением их числа. К примеру, из семи шахт АО «СУЭК-Кузбасс», действующих в настоящее время, пять работают по технологической схеме «шахта-лава» [1, 2]. При этом за последние 20 лет среднесуточная производительность комплексно-механизированных забоев (КМЗ) в России выросла в 3,5 раза [3, 4].

С ростом производительности очистного оборудования растет и величина

ущерба от его простоев, которая может достигать десятков миллионов рублей за сутки. К основным причинам возникновения простоев КМЗ можно отнести следующие: неисправность оборудования; ликвидация последствий обрушений кровли; профилактические работы по предупреждению негативных проявлений горного давления и газодинамических явлений; эндогенные пожары и их профилактика; перевод очистного комплекса из отработанного выемочного участка на новый; неэффективная организация труда на предприятии; отставание фронта подготовительных работ от очистных и др.

Особое место среди перечисленных причин простоев КМЗ занимают

работы по ремонту механизированных комплексов, т. к. они относятся к числу неизбежных. Их продолжительность может превышать 20% от затрат времени на отработку запасов всего выемочного столба. Результаты анализа 77 случаев демонтажных работ, проведенных в 2011–2018 годах на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс», показали, что средняя продолжительность простоя превышает нормативные показатели на 18,5% [5, 6]. В 2019 году в трех случаях ремонта из девяти превышение нормативных сроков составило более трех месяцев при максимальном значении 218 суток [1].

Очевидно, что минимизация времени на демонтаж имеет высокое значение для повышения эффективности добычи. Кроме того, интенсификация подземной добычи угля в перспективе приведет к росту числа выемочных участков с ограниченными размерами и, следовательно, увеличатся среднегодовые объемы монтажно-демонтажных работ. Таким образом, актуальность проблемы сокращения продолжительности монтажно-демонтажных работ в лавах будет постоянно увеличиваться.

Ранее проведенные исследования [7, 8, 9] показали, что основной причиной увеличения продолжительности простоев в период ремонта механизированных комплексов являются различные горнотехнические проблемы, возникающие непосредственно при демонтаже, тогда как вопросы, связанные с перевозкой тяжелого оборудования и монтажными работами, носят преимущественно организационный характер и могут быть решены в относительно короткие сроки.

Проблема демонтажа очистных механизированных комплексов (ОМК) обсуждается специалистами с момента их внедрения. За это время данный вопрос был изучен достаточно под-

робно, однако принципы, на которых базируются все технологии демонтажа, практически не изменялись с 1980-х годов [10, 11].

Результаты анализа опыта применения различных технологий [9, 12, 13] позволяют сделать вывод о том, что основной проблемой, увеличивающей продолжительность демонтажа, является развитие сильной техногенной нарушенности пород непосредственной кровли, что связано с воздействием на нее опорного давления лавы. При этом демонтаж очистного комбайна, забойного конвейера и прочего оборудования, как правило, не вызывает продолжительных простоев, а основные проблемы возникают при извлечении секций механизированной крепи.

Средняя продолжительность демонтажа, закладываемая в норматив работы шахт России, составляет порядка 65 суток [5, 14]. В свою очередь, средняя фактическая продолжительность работ по демонтажу ОМК составляет 25–30 суток при длине лавы до 220–260 м, за исключением случаев возникновения проблем с поддержанием кровли, когда продолжительность демонтажа увеличивается до показателей 80 суток и более, а в некоторых случаях превышает 150 суток. Так, демонтаж механизированного комплекса ТАГОР 24/50 из камеры № 1324 на глубине 210–290 м на шахте «Имени 7 Ноября» весной 2010 г. был осуществлен более чем за 60 суток из-за опускания кровли при формировании демонтажной камеры на 1,0–2,5 м по всей длине лавы [15, 16]. В другом случае демонтаж лавы 6703 длиной 215 м на шахте «Талдинская-Западная-1» проводился на средней глубине 217,8 м и имел продолжительность 65 суток, 39 из которых потребовалось на формирование камеры с упрочнением пород кровли полимер-

ным клеем «Шахтизол-100». На шахте «Талдинская-Западная-2» при отработке выемочного столба 7006, длине лавы 250 м и глубине заложения демонтажной камеры от 223 до 306 м на полный демонтаж механизированного комплекса потребовалось 154 дня [17, 18]. Основной причиной увеличения продолжительности демонтажа послужила образовавшаяся в кровле полость, которую не удалось своевременно закрепить, что привело к развитию более масштабных обрушений [9].

К числу положительных примеров скоростного перемонтажа оборудования можно отнести опыт шахты «Заречная», когда при демонтаже механизированного комплекса КМ138/2 из лавы № 1101 общая продолжительность простоя КМЗ составила всего 16 суток. При демонтаже ОМК лавы 5204 на шахте «Котинская» общая продолжительность демонтажа составила 25 дней, причем на ввод комплекса в демонтажную камеру было затрачено менее суток.

В работе [9] упоминается, что скоростной перевод механизированного комплекса на новый выемочный участок, произведенный в 1991 году на шахте «Плато» (штат Юта, США), занял всего 105 ч, а рекордное время перемонтажа в США на тот период составило 52 ч. Следует, однако, отметить, что параметры оборудования и технологии разработки в данной статье описаны недостаточно детально. Тем не менее, такие результаты можно считать выдающимися даже для современного уровня развития технологий проведения монтажно-демонтажных работ. В открытой печати не было описано подобных случаев даже при разработке тонких и средней мощности пластов на шахтах России.

Несмотря на активную заинтересованность специалистов научной

и производственной сферы вопросами интенсификации работ по демонтажу комплексно-механизированных линий очистных забоев [19–21], в данной области имеется существенный потенциал для сокращения продолжительности простоев и повышения безопасности труда горняков [22]. По мнению авторов статьи, залогом успешного проведения демонтажа ОМК, наряду с организацией и планированием, является грамотный выбор технологии формирования демонтажной камеры.

Методы: Основываясь на результатах анализа более чем 40 случаев перемонтажа ОМК на отечественных и зарубежных шахтах [23, 24, 25], применяемые технологии формирования демонтажных камер условно можно разделить на две группы. Технологии первой группы основаны на заблаговременном проведении опережающей демонтажной выработки (печи или просека) с последующим вводом в нее механизированного комплекса. Ко второй группе относятся технологии, основанные на формировании демонтажных камер непосредственно очистным забоем с последовательным возведением перекрытия в призабойном пространстве лавы.

К числу основных достоинств технологий первого типа следует отнести возможность заблаговременного закрепления пород кровли над местом демонтажа до подхода лавы и попадания их в зону действия опорного давления [26, 27, 28]. Успешные случаи применения технологий данного типа описаны в работах [29–32]. Основной их недостаток заключается в наличии убывающего целика между очистным забоем и опережающей демонтажной выработкой [33]. Разрушение этого целика в результате действия повышенного давления до входа комплекса в камеру создает существенные трудно-

сти сразу в нескольких аспектах. Попадание больших объемов пород в призабойное пространство лавы делает невозможным ее дальнейшее подвигание до ликвидации завала. Образование незакрепленной полости в кровле впереди забоя лавы создает трудности в эксплуатации секций механизированной крепи, связанные с постановкой их на распор. В результате нагрузка на крепь, равно как и продолжительность ее воздействия, существенно возрастает; появляется опасность посадки комплекса «на жесткую» [8, 15, 32].

Технологии второй группы позволяют исключить описанные недостатки. В настоящее время на передовых угольных шахтах, характеризующихся высокими показателями производительности очистных забоев и максимальной пространственной концентрацией работ, преимущественно применяются именно технологии второго типа. Вместе с тем, из-за снижения скорости подвигания забоя, связанного с необходимостью формирования защитного перекрытия и установки крепи демонтажной камеры, увеличивается интенсивность вывалов и продолжительность воздействия опорного давления лавы на породы кровли над местом демонтажа [33, 34]. Это приводит к снижению их устойчивости и существенно повышает вероятность вывалов в рабочее пространство.

Таким образом, в технологиях обеих групп основной причиной увеличения продолжительности простоев при демонтаже служит неудовлетворительное состояние пород непосредственной кровли над демонтажной камерой.

Также следует отметить, что при демонтаже секций механизированной крепи в большинстве случаев исключается возможность проветривания демонтажной камеры за счет обще-

шахтной депрессии. Это связано с тем, что обрушающиеся породы кровли, несмотря на установку вспомогательной крепи, создают непреодолимое аэродинамическое сопротивление. В этих случаях проветривание камеры осуществляется с помощью вентилятора местного проветривания, что, в свою очередь, отрицательно влияет на микроклимат рабочей зоны и стесняет условия труда горнорабочих.

Результаты: Авторами статьи предлагается способ формирования демонтажной камеры [35], позволяющий существенно снизить негативное влияние от наличия неустойчивых пород в её кровле. Предлагаемый способ иллюстрируется на рис. 1 и 3. Подготовка места демонтажа очистного комплекса осуществляется заблаговременно и заключается в создании искусственного массива в кровле демонтажной камеры. С этой целью непосредственно над местом будущего демонтажа ОМК сооружается закладочная выработка, заполняемая твердеющим составом.

Выработка формируется таким образом, что ее почва проходит по контакту кровли и пласта. Проходка данной выработки начинается с устройства ниши 1 в одной из подготовительных выработок 2 выемочного столба (рис. 1), предназначенной для маневрирования и размещения проходческого комбайна. В зависимости от конкретной горно-геомеханической обстановки ниша устраивается в межштрековом (межстолбовом) целике или со стороны нетронутого массива. В случае, если размеры выработки позволяют осуществить разворот комбайна, ниша не формируется. После этого под углом β проводится наклонный заезд 3 в закладочную выработку 4. Величина угла β , с целью минимизации длины заезда, должна быть максимально возможной.

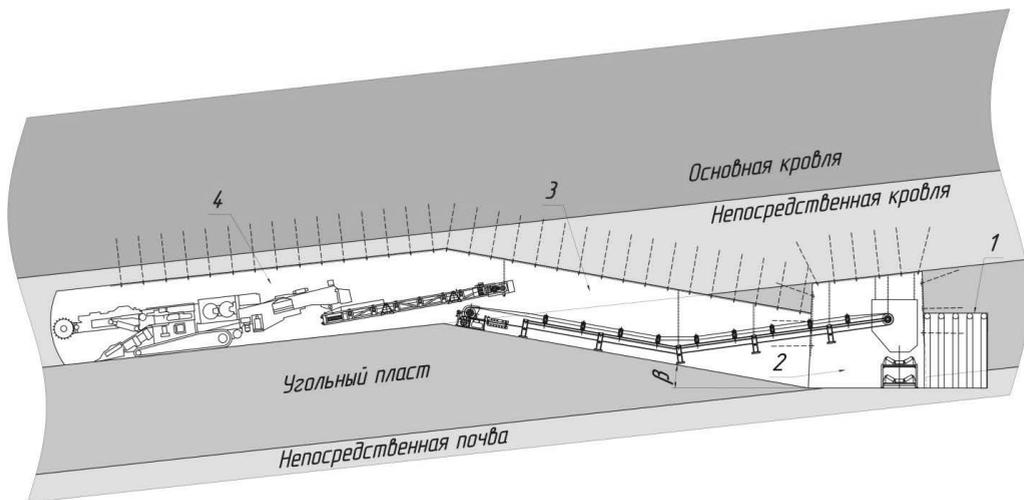


Рис. 1. Принципиальный вид сопряжения закладываемой выработки и заезда с участковой выработкой: 1 — ниша; 2 — подготовительная выработка; 3 — заезд; 4 — закладываемая выработка; β — угол наклона заезда

Fig. 1. General view of backfilled entry and tail-entry T-junction: 1 — pocket; 2 — tail-entry; 3 — chute; 4 — backfilled entry; β — chute inclination

Во избежание зависаний консоли закладочного массива в зоне демонтажа секций крепи допускается разделение его на блоки как по длине закладочной выработки, так и по её ширине. Размеры блоков могут определяться местом установки опалубки при закладке. При формировании закладочного массива также закладывается и заезд.

В случае, если требуемая ширина закладочного массива превышает предельную ширину устойчивого пролета для конкретных условий, проведение закладываемой выработки может осуществляться за несколько смежных параллельных ходов, закладываемых последовательно. В этом случае контакт АВ следует располагать над поддерживающим перекрытием секций механизированной крепи (рис. 2).

Ширина закладываемой выработки определяется из выражения

$$b = x_1 + x_2 + x_3, \quad (1)$$

где x_1 — ширина области кровли демонтажной камеры, поддерживаемая механизированной крепью, м; x_2 — ширина демонтажной дорожки (кратная ширине захвата комбайна), м; x_3 — глубина заделки закладочного массива впереди очистного забоя (должна приниматься больше, чем глубина зоны отжима пласта z), м.

Максимальная высота закладываемых ходов h должна приниматься исходя из минимальной технологически требуемой высоты. Вместе с тем она не должна приводить к снижению прочностных характеристик блоков закладочного массива, чтобы исключить их разрушение при демонтаже крепи. Тип крепи закладываемой выработки и её параметры должны обеспечивать эксплуатационное состояние выработки до момента полного набора прочности закладочным массивом и при этом иметь минимальную трудоёмкость установки и стоимость. Физико-механические характеристики

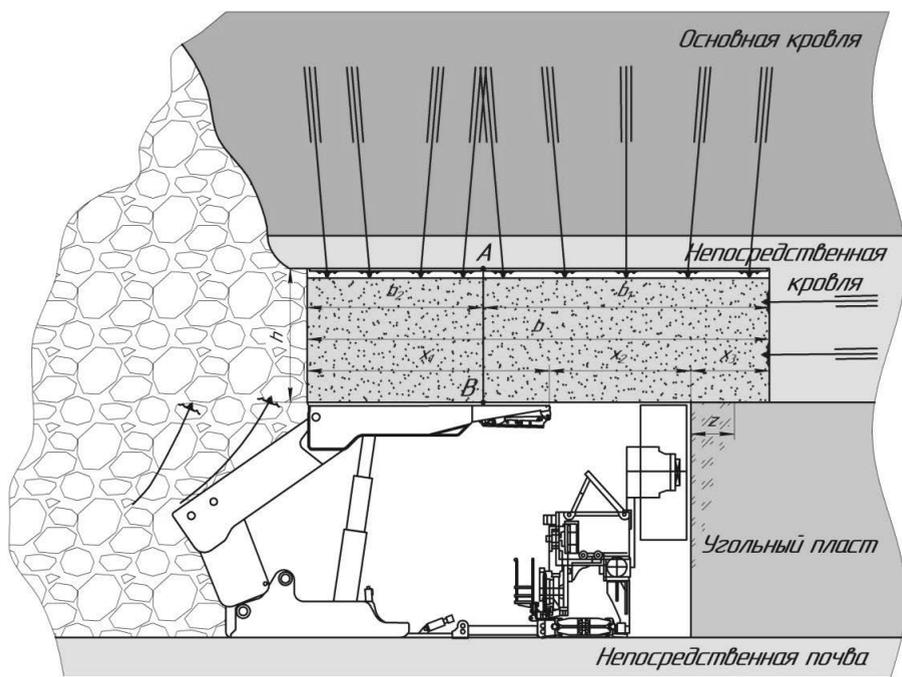


Рис. 2. Сечение демонтажной камеры после полной остановки очистного забоя: b_1 — ширина первого хода; b_2 — ширина второго хода; b — итоговая ширина закладочного массива; x_1 — ширина области кровли демонтажной камеры, поддерживаемая механизированной крепью; x_2 — ширина демонтажной дорожки; x_3 — глубина заделки закладочного массива впереди очистного забоя; z — глубина зоны отжима пласта; h — высота проводимых закладываемых ходов

Fig. 2. Recovery room section after the face advance is stopped: b_1 — first pass width; b_2 — second pass width; b — total backfill entry width; x_1 — width of the recovery roof zone supported by shields; x_2 — recovery road width; x_3 — rigid restraint depth; z — coal crushing zone width; h — backfilled entry height

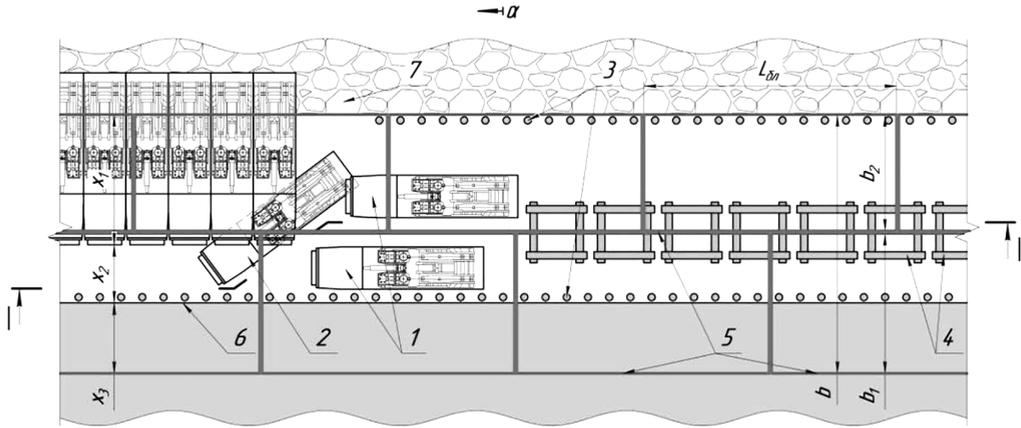
закладочного массива определяются исходя из характеристик вмещающих пород и угля, а также на основе прогнозного анализа параметров напряженно-деформированного состояния массива горных пород в окрестности будущей демонтажной камеры. Временное опережение работ по формированию закладочного массива до подхода лавы к нему должно обеспечивать полный набор прочности закладочным материалом до попадания его в зону действия опорного давления очистного забоя.

В результате применения предложенного способа в кровле демонтаж-

ной камеры формируется устойчивый закладочный массив, состоящий из отдельных монолитных блоков. Вариант схемы крепления и управления кровлей демонтажной камеры при извлечении секций механизированной крепи по предлагаемому способу изображен на рис. 3.

Предлагаемая технология предусматривает применение двух или трех пилотных секций 1 механизированной крепи, развернутых по направлению демонтажа, для поддержания кровли в зоне извлечения линейных секций комплекса 2. По всей длине демонтажной камеры на границе с вырабо-

а



б

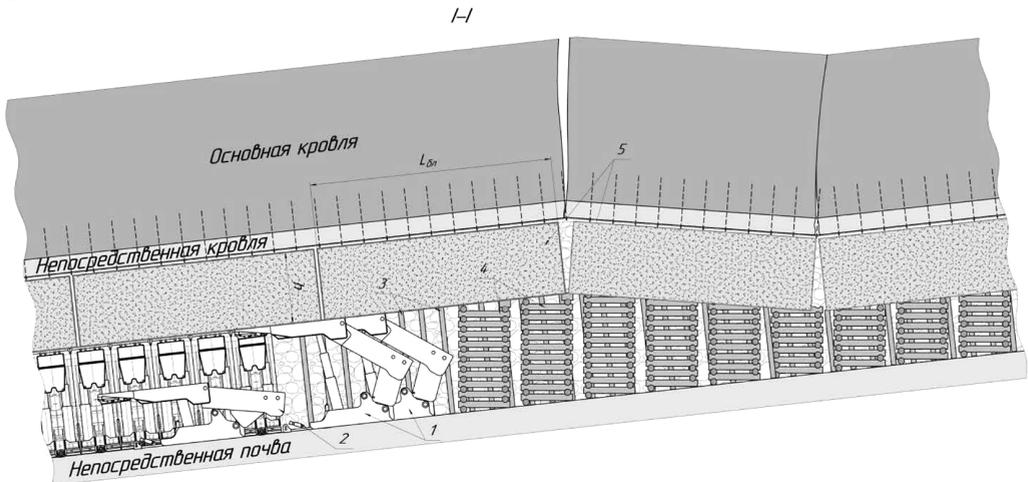


Рис. 3. Процесс извлечения секций механизированной крепи и управление кровлей в демонтажной камере согласно предлагаемой технологии: а — вид места демонтажа секций сверху (изображение повернуто); б — разрез демонтажной камеры (параллельно забойному борту); 1 — пилотные секции; 2 — демонтируемая секция; 3 — деревянные стойки индивидуальной крепи; 4 — костры; 5 — блоки закладочного массива; 6 — конечное положение очистного забоя (забойный борт); 7 — выработанное пространство (завал); $L_{бл}$ — длина закладываемого блока

Fig. 3. Shield recovery and roof control according to the described technique: а — shield recovery zone top view; б — recovery room section (along the face line); 1 — walking shields; 2 — shield being recovered; 3 — wooden props; 4 — cribs; 5 — backfill blocks; 6 — longwall face final destination; 7 — goaf; L_{bl} — backfill block length

танным пространством, вдоль забойного борта и вдоль продольной линии контакта блоков закладочного массива CD устанавливается вспомогательная крепь. Тип вспомогательной крепи и ее параметры могут быть различными

в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий и должны определяться паспортом демонтажа. В данном примере на границе с завалом 7 и вдоль борта б предусматривается установка деревянных стоек индивиду-

альной крепи 3. Под контакты блоков закладочного массива устанавливаются деревянные костры 4.

При формировании закладочного массива в целях повышения эффективности управления опусканием кровли при демонтаже секций возможно производить разделение закладочного массива на блоки 5 требуемой длины $L_{бл}$. Для этого закладку проводимых в кровле выработок следует вести поэтапно, отделяя блоки опалубкой, устанавливаемой на расстоянии, равном длине блока $L_{бл}$. Разделение закладочного массива на блоки, как по падению, так и по простиранию, исключит зависания консоли при демонтаже крепи и, как следствие, возникновение повышенных нагрузок на пилотные и концевые секции.

Деревянная крепь за счет податливости обеспечивает плавное опускание закладочного массива. В то же время сохраняется достаточное сечение демонтажной камеры для ее проветривания за счет общешахтной депрессии на протяжении всего времени демонтажа.

Заключение

Для снижения длительности простоев механизированных комплексов, связанных с проблемами управления неустойчивой кровлей в демонтажных камерах, в работе предложено заблаговременно формировать над местом демонтажа искусственные устойчивые конструкции из монолитных блоков закладочного массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мешков А. А., Казанин О. И., Сидоренко А. А. Повышение эффективности технологии и организации монтажно-демонтажных работ при интенсивной разработке угольных пластов на шахтах Кузбасса // Записки Горного института. — 2021. — № 4 (249). — С. 342–350. DOI: 10.31897/PMI.2021.3.3.
2. Казанин О. И., Сидоренко А. А., Мешков А. А. Организационно-технологические принципы реализации потенциала современного высокопроизводительного очистного ободования // Уголь. — 2019. — № 12. С. 4–12.
3. Таразанов И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2016 года // Уголь. — 2016. — № 3. С. 58–72.

Ожидаемый результат от внедрения описанного в статье способа формирования демонтажной камеры будет заключаться:

- в повышении безопасности труда горняков при демонтаже ОМК;
- улучшении условий труда в демонтажной камере за счет устойчивого проветривания и снижения объемов ручного труда, связанного с ликвидацией последствий обрушений пород кровли в рабочее пространство;
- сокращении простоев дорогостоящего высокопроизводительного очистного оборудования;
- увеличении объемов среднегодовой добычи угля из очистного забоя;
- повышении производительности труда на предприятии.

Вклад авторов

Карпов Г. Н. — генерация идеи исследования, постановка задачи исследования, получение данных для анализа, написание текста статьи, выполнение патентного поиска

Ковальский Е. Р. — генерация идеи исследования, постановка задачи исследования, получение данных для анализа, написание текста статьи, выполнение патентного поиска.

Носов А. А. — генерация идеи исследования, выполнение патентного поиска, подготовка заявки на выдачу патента, написание текста статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

4. Таразанов И. Г., Губанов Д. А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2020 года // Уголь. — 2020. — № 3. — С. 54–69.
5. Ермакова И. А., Федусов В. А. Состояние демонтажных работ на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2019. — № 4. — С. 123–130. DOI 10.18796/0041-5790-2021-3-27–43
6. Никитина А. М., Риб С. В., Борзых Д. М., Дадынский Р. А. Совершенствование технологии вспомогательных работ для обеспечения эффективной работы длинных очистных забоев // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. — 2020. — № 6. — С. 113–118.
7. Wang B. Dang F. Chao W. Miao Y. Li J. Surrounding rock deformation and stress evolution in pre-driven longwall recovery rooms at the end of mining stage // International Journal of Coal Science & Technology. 2019, vol. 6, pp. 536–546, DOI: 10.1007/s40789-019-00277-0.
8. Peng S. S. Longwall Mining: Second edition. Wiley, 2006. 636 p.
9. Карпов Г. Н. Обоснование технологии демонтажа очистных механизированных комплексов при высокой концентрации горных работ: Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук — СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2013. — 24 с.
10. Никитина А. М., Риб С. В., Борзых Д. М., Дадынский Р. А. Демонтаж механизированного комплекса при помощи демонтажного щита в условиях шахт Юга Кузбасса // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. — 2020. — № 6. — С. 165–170.
11. Ермакова И. А., Федусов В. А. Влияние расположения демонтажных камер на длительность демонтажных работ на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» // Известия ТулГУ. Науки о Земле. — 2020. — № 1. — С. 234–243.
12. Zubov V. P., Anisimov K. A. Substantiation of the method ensuring the safe development of the pit reserves of kimberlite ore deposits in the conditions of the Udachny mine // E3S Web of Conferences, Saint Petersburg, 2021. pp. 101–112.
13. Шулятьева Л. И. Пространственно-временное моделирование и организация процессов подготовки запасов угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 12. — С.166–181. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-12–0-166–181.
14. Гоголин В. А., Ермакова И. А., Пириева Н. Н., Федусов В. А. Схемы расчета напряженного состояния целика под демонтажную камеру // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2021. — № 2. — С. 146–154.
15. Харитонов И. Л. Проявления горного давления при подготовке демонтажных камер различными способами // Уголь. — 2016. — № 12. — С. 37–39.
16. Гречишкин П. В. Результаты демонтажа механизированного комплекса по нижнему слою при использовании высокопрочной полимерной сетки в качестве перекрытия // Уголь. — 2014. — № 2. — С. 15–17.
17. Sidorenko A. A., Sidorenko S. A., Ivanov V. V. Numerical modelling of multiple-seam coal mining at the Taldinskaya-Zapadnaya-2 mine // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2021, vol. 19, no. 5, pp. 568–574.
18. Sidorenko A. A., Ivanov V. V., Sidorenko S. A. Computer modeling of rock massif stress condition for mining planning on overworked seam // Journal of Physics: Conference Series. 2020, no. 1661, pp. 1–6.
19. Kang H. Lv H. Zhang X. Gao F. Wu Zh. Wang Zh. Evaluation of the ground response of a pre-driven longwall recovery room supported by concrete cribs. Rock Mechanics and Rock Engineering. 2016, no. 49, pp. 1025–1040, DOI: 10.1007/s00603-015-0782-2.
20. Phuc L. Q., Zubov V. P., Dac P. M. Improvement of the loading capacity of narrow coal pillars and control roadway deformation in the longwall mining system. a case study

at khe cham coal mine (vietnam) // Inzynieria Mineralna. 2020, vol. 1, no. 1, pp. 115–122. DOI 10.29227/IM-2020–02–15.

21. *Sidorenko A. A., Ivanov V. V., Dmitriyev P. N.* A study of gas drainage methods efficiency in Kotinskaya mine in Russia // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020, vol. 15, no. 4, pp. 530–535.

22. *Казанин О. И., Ярошенко В. В.* Снижение потерь угля при отработке сближенных пластов донной части Воркутского месторождения // Записки Горного института. – 2020. – № 3 (244). – С. 395–401. DOI: 10.31897/pmi.2020.4.1.

23. *Торро В. О., Ремезов А. В., Климов В. В., Дедиков Е. А.* Факторы оценки устойчивости монтажных камер при формировании их очистным забоем // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 6. – С. 47–53. DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-47–53.

24. *Трофимов В. А., Кубрин С. С., Филиппов Ю. А., Харитонов И. Л.* Численное моделирование напряженно-деформированного состояния вмещающего массива и пологого мощного угольного пласта при завершении отработки выемочного столба // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 8. – С. 42–56. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-08–0-42–56.

25. *Kazanin O. I., Sidorenko A. A., Vinogradov E. A.* Assessment of the influence of the first established and identification of critical steps in main roof caving // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018, vol. 13, no. 10, pp. 3350–3354.

26. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021613663. 05.03.2021. *Зубов В. П., Ле К. Ф.* Программа для вычисления параметров зоны опорного давления и диаграммы распределения напряжений в краевой части массива угля. 2021. Бюл. № 3.

27. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021613815. 10.03.2021. *Сидоренко А. А., Голубев Д. Д., Нагорнов Д. О.* Программа для прогноза параметров напряженно-деформированного состояния пласта в зоне опорного давления лавы. 2021. Бюл. № 3.

28. *Nikiforov A. V., Vinogradov E. A., Kochneva A. A.* Analysis of multiple seam stability // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2019, vol. 10, no. 2, pp. 1132–1139.

29. *Артемьев В. Б., Логинов А. К., Ютяев Е. П.* и др. Альтернативные технологии формирования монтажных камер в условиях ОАО «СУЭК-Кузбасс» // Уголь. – 2010. – № 3. – С. 20–23.

30. *Stankus John C.* A Case Study of a Low Overburden Longwall Recovery with Pre-Developed Recovery Entries // 33rd International Conference on Ground Control in Mining, Morgantown, W. V. – 2014. – pp. 1–8.

31. *Bauer E.* Longwall recovery utilizing the open entry method and various cement-concrete supports // 7th International Conference on Ground Control in Mining, Morgantown, W. V. – 1988. – pp. 30–42.

32. *Tadolini S. C.* Pre-driven experimental longwall recovery room under weak roof conditions – design, implementation and evaluation // 21st International Conference on Ground Control in Mining, Morgantown, W. V. – 2002. – pp. 1–10.

33. *Карпов Г. Н., Ковальский Е. Р., Смычник А. Д.* Определение параметров разгрузки массива горных пород на концевых участках монтажной камеры // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 8. – С. 95–107. DOI: 10.25018/0236-14932019-08-0-95–107.

34. *Tadolini, S. C.,* Ground Control Support Considerations for Pre-Driven Longwall Recovery Rooms: Ph.D. Dissertation submitted to College of Engineering and Minerals Resources. – Morgantown: West Virginia University. 2003. 163 p.

35. Патент РФ № 2743162. 15.02.2021. Карпов Г. Н., Ковальский Е. Р., Носов А. А. Способ формирования демонтажной камеры при разработке пологих угольных пластов. 2021. Бюл. №5. **ФИАС**

REFERENCES

1. Meshkov A. A., Kazanin O. I., Sidorenko A. A. Improving the efficiency of the technology and organization of the longwall face move during the intensive flat-lying coal seams mining at the Kuzbass mines. *Journal of Mining Institute*. 2021, vol. 249, no. 4, pp. 342–350. DOI: 10.31897/PMI.2021.3.3 [In Russ].

2. Kazanin O. I., Sidorenko A. A., Meshkov A. A. Organizational and technological principles of realizing the potential of modern high-performance purification equipment. *Ugol`*. 2019, no. 12, pp. 4–12. [In Russ].

3. Tarazanov I. G. The results of the coal industry in Russia for January-December 2016. *Ugol`*. 2016, no. 3, pp. 58–72. [In Russ].

4. Tarazanov I. G. Gubanov D. A. Results of the work of the coal industry in Russia for January-December 2020. *Ugol`*. 2020, no. 3, pp. 54–69. DOI 10.18796/0041-5790-2021-3-27–43 [In Russ].

5. Ermakova I. A., Fedusov V. A. The state of dismantling works at the mines of JSC “SUEK-Kuzbass”. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2019, no. 4, pp. 123–130. [In Russ].

6. Nikitina A. M., Rib S. V., Borzykh D. M., Dadynsky R. A. Improvement of the technology of auxiliary works to ensure the efficient operation of long working faces. *Science-intensive technologies for the development and use of mineral resources*. 2020, no. 6, pp. 113–118. [In Russ].

7. Wang B., Dang F., Chao W. Miao Y., Li J. Surrounding rock deformation and stress evolution in pre-driven longwall recovery rooms at the end of mining stage. *International Journal of Coal Science & Technology*. 2019, no. 6. pp. 536–546. DOI: 10.1007/s40789-019-00277-0

8. Peng S. S. Longwall Mining: Second edition. Wiley, 2006. 636 p.

9. Karpov G. N. Obosnovanie tekhnologii demontazha ochistnykh mekhanizirovannykh kompleksov pri vysokoi kontsentratsii gornyx rabot [Justification of the technology of dismantling of mechanized mining complexes with a high concentration of mining operations]. Doctor's thesis. SPb, SPMU, 2013, pp. 24 [In Russ].

10. Nikitina A. M., Rib S. V., Borzykh D. M., Dadynsky R. A. Dismantling of a mechanized complex using a dismantling shield in the conditions of mines in the South of Kuzbass. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov*. 2020, no. 6, pp. 165–170. [In Russ].

11. Ermakova I. A., Fedusov V. A. Influence of the location of dismantling chambers on the duration of dismantling works at the mines of JSC SUEK-Kuzbass. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2020, no. 1, pp. 234–243. [In Russ].

12. Zubov V. P., Anisimov K. A. Substantiation of the method ensuring the safe development of the pit reserves of kimberlite ore deposits in the conditions of the Udachny mine. *E3S Web of Conferences*, Saint Petersburg. 2021, pp. 101–112.

13. Shulyatieva L. I. Prostranstvenno-vremennoye modelirovaniye i organizatsiya protsessov podgotovki zapasov ugol'nykh shakht. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, no. 12. pp. 166–181. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-12–0-166–181. [In Russ].

14. Gogolin V. A., Ermakova I. A., Pirieva N. N., Fedusov V. A. Schemes for calculating the stress state of the rear sight for the dismantling chamber. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2021, no. 2, pp. 146–154. [In Russ].

15. Kharitonov I. L. Manifestations of rock pressure during the preparation of dismantling chambers in various ways. *Ugol`*. 2016, no. 12, pp. 37–39. [In Russ].

16. Grechishkin P. V. The results of dismantling the mechanized complex along the lower layer using a high-strength polymer mesh as an overlap. *Ugol'*. 2014, no. 2, pp. 15–17. [In Russ].
17. Sidorenko A. A., Sidorenko S. A., Ivanov V. V. Numerical modelling of multiple-seam coal mining at the Taldinskaya-Zapadnaya-2 mine. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2021, vol. 19, no. 5, pp. 568–574.
18. Sidorenko A. A., Ivanov V. V., Sidorenko S. A. Computer modeling of rock massif stress condition for mining planning on overworked seam. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020, no. 1661, pp. 1–6.
19. Kang H. Lv H. Zhang X. Gao F. Wu Zh. Wang Zh. Evaluation of the ground response of a pre-driven longwall recovery room supported by concrete cribs. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2016, no. 49, pp. 1025–1040. DOI: 10.1007/s00603-015-0782-2.
20. Phuc L. Q., Zubov V. P., Dac P. M. Improvement of the loading capacity of narrow coal pillars and control roadway deformation in the longwall mining system. a case study at khe cham coal mine (vietnam). *Inzynieria Mineralna*. 2020, vol. 1, no. 1, pp. 115–122. DOI 10.29227/IM-2020–02–15.
21. Sidorenko A. A., Ivanov V. V., Dmitriyev P. N. A study of gas drainage methods efficiency in Kotinskaya mine in Russia. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2020, vol. 15, no. 4, pp. 530–535.
22. Kazanin O. I., Yaroshenko V. V. Reducing coal losses during the development of adjacent seams in the bottom of the Vorkutskoye deposit. *Zapiski Gornogo instituta*. 2020, vol. 244, no. 3, pp. 395–401. DOI 10.31897/pmi.2020.4.1. [In Russ].
23. Torro V. O., Remezov A. V., Klimov V. V., Dedikov Ye. A. Factors for estimating stability of dismantling chambers at their formation by working face. *Vestnik of Kuzbass State Technical University*. 2017, no. 6, pp. 47–53. DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-47–53. [In Rus].
24. Trofimov V. A., Kubrin S. S., Filippov Yu. A., Kharitonov I. L. Numerical modeling of the stress-strain state of the enclosing massif and a shallow thick coal seam at the end of the mining pillar. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 8, pp. 42–56. DOI 10.25018/0236-1493-2019-08–0-42–56. [In Russ].
25. Kazanin O. I., Sidorenko A. A., Vinogradov E. A. Assessment of the influence of the first established and identification of critical steps in main roof caving. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018, vol. 13, no. 10, pp. 3350–3354.
26. Certificate of state registration of a computer program. Ru no. 2021613663, 03.10.2021. Zubov V. P., Le K. F., Program for calculating the parameters of the support pressure zone and stress distribution diagrams in the edge part of the coal mass. 2021. Bul. No. 3. [In Russ].
27. Certificate of state registration of a computer program. Ru no. 2021613815, 03.05.2021. Sidorenko A. A., Golubev D. D., Nagornov D. O. Program for predicting the parameters of the stress state of the formation in the zone of the support pressure of longwall. 2021. Bul. No. 3. [In Russ].
28. Nikiforov A. V., Vinogradov E. A., Kochneva A. A. Analysis of multiple seam stability. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2019, vol.10, no. 2, pp. 1132–1139.
29. Artemiev V. B., Loginov A. K., Yutyaev E. P., et al. Alternative technologies for the formation of dismantling chambers in the conditions of OJSC SUEK-Kuzbass. *Ugol'*. 2010, no. 3, pp. 20–23. [In Russ].
30. Stankus John C. A Case Study of a Low Overburden Longwall Recovery with Pre-Developed Recovery Entries. *33rd International Conference on Ground Control in Mining*. Morgantown, W. V. 2014, pp. 1–8.

31. Bauer E. Longwall recovery utilizing the open entry method and various cement-concrete supports. *7th International Conference on Ground Control in Mining*. Morgantown, W. V. 1988, pp. 30–42.

32. Tadolini S. C. Pre-driven experimental longwall recovery room under weak roof conditions design, implementation and evaluation. *21st International Conference on Ground Control in Mining*, Morgantown, W. V. 2002, pp. 1–10.

33. Karpov G. N., Smychnik A. D., Kovalski E. R. Determination of rock destressing parameters at the ends of disassembling room. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 8, pp. 95–107. DOI 10.25018/0236-14932019-08-0-95 – 107.

34. Tadolini S. C. Ground Control Support Considerations for Pre-Driven Longwall Recovery Rooms: Ph.D. Dissertation submitted to College of Engineering and Minerals Resources, Morgantown: West Virginia University. 2003, 163 p.

35 Patent Ru no. 2743162, 15.02.2021. Karpov G. N., Kovalski E. R., Nosov A. A., Longwall recovery room erecting method for flat coal seam mining. 2021. Bul. no. 5.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Карпов Григорий Николаевич*¹ – канд. техн. наук, доцент, <http://orcid.org/0000-0002-3763-2701>, e-mail: Karpov_GN@pers.spmi.ru;

*Ковальский Евгений Ростиславович*¹ – канд. техн. наук, доцент, <http://orcid.org/0000-0002-6656-9377>, e-mail: Kovalskiy_ER@pers.spmi.ru;

*Носов Александр Алексеевич*¹ – аспирант, <http://orcid.org/0000-0001-7453-4556>, e-mail: Nosov_AA@pers.spmi.ru;

¹ Санкт-Петербургский Горный Университет, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия В. О., д. 2, Россия.

Для контактов: *Карпов Григорий Николаевич*, e-mail: Karpov_GN@pers.spmi.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Karpov G. N.*¹, Cand. Sci (Eng), assistant professor, <http://orcid.org/0000-0002-3763-2701> e-mail: Karpov_GN@pers.spmi.ru;

*Kovalski E. R.*¹, Cand. Sci (Eng), assistant professor, <http://orcid.org/0000-0002-6656-9377>, e-mail: Kovalskiy_ER@pers.spmi.ru;

*Nosov A. A.*¹, postgraduate student, <http://orcid.org/0000-0001-7453-4556>, Saint-Petersburg Mining University, 199106, Saint-Petersburg, 21st Line, Russia, e-mail: Nosov_AA@pers.spmi.ru.

¹ Saint-Petersburg Mining University, 199106, Saint-Petersburg, 21st Line, Russia.

Corresponding author: *Karpov G. N.*, e-mail: Karpov_GN@pers.spmi.ru.

Получена редакцией 14.01.2022; получена после рецензии 30.05.2022; принята к печати 10.05.2022.

Received by the editors 14.01.2022; received after the review 30.05.2022; accepted for printing 10.05.2022.

