

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ (ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ)

DOI: 10.26730/1999-4125-2021-1-56-63

УДК 622

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕМОНТАЖНЫХ КАМЕР НА ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ

THE ANALYSIS OF TECHNOLOGIES OF RECOVERY ROOMS CREATION IN FLAT COAL SEAMS

Носов Александр Алексеевич,
аспирант, e-mail: nosovspmi@gmail.com
Aleksandr A. Nosov, Postgraduate

Санкт-Петербургский горный университет, 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, 2
Saint-Petersburg Mining University, 21st Line, St. Petersburg, 199106, Russian Federation

Аннотация:

Представлена актуальность проблемы выбора технологии формирования демонтажных камер на пологих угольных пластах. Выделены основные влияющие факторы, не позволяющие эффективно осуществлять демонтажные работы в короткие сроки. Выделены недостатки существующих технологий формирования демонтажных камер. Выявлены основные направления дальнейшего развития данных технологий.

Ключевые слова: подземная добыча угля, длинные очистные забои, демонтажные работы, формирование демонтажной камеры, непосредственная кровля.

Abstract:

The relevant problem of choosing the technology for forming recovery rooms in flat coal seams is presented in the article. The main influential factors that do not allow the effective dismantling work to be done in a short time have been identified. The shortcomings of the existing technologies of recovery rooms creation are emphasized. The main directions of the further development of these technologies are determined.

Key words: underground coal mining, longwall faces, dismantling, creation of recovery room, immediate roof.

Введение

Современные предприятия по добыче угля широко используют высокопроизводительные очистные механизированные комплексы (КМЗ). Такие комплексы способны за год добывать объемы полезного ископаемого, сопоставимые с производственной мощностью шахты. Одним из ярких примеров в Российской Федерации является шахта им В.Д. Ялевского, где было установлено несколько рекордов добычи. В мае и июле 2017 года было добыто 1,407 и 1,567 млн тонн угля соответственно. Годом позже, в августе 2018 года, предыдущий рекорд был побит и составил 1,627 млн тонн угля. Лава был оснащена комплексом DBT, в который входили: механизированные крепи DBT 220/480 и 2400/5000, очистной комбайн SL-900, забойный скребковый конвейер SH PF 6/1342, дробилка SK 11/14 [1]. Повсеместное отсутствие

резервной линии очистных забоев на современных шахтах обуславливается также высокой стоимостью оборудования. Это говорит об актуальности вопроса обеспечения надежности всех технологических схем и о необходимости повышения коэффициента машинного времени очистного механизированного комплекса для дальнейшего увеличения годовой производительности предприятий. Достижение значения 1,0 коэффициента машинного времени и 100% реализации потенциала очистного оборудования невозможно в связи с вынужденными простоями оборудования, которые предусматривает технология ведения горных работ. Наиболее частыми причинами длительных простоев (до полугода) КМЗ связано с отставанием проходческих работ и превышением планового времени монтажно-демонтажных работ [2, 3, 4].

Ведение демонтажных работ характеризуется большой трудоемкостью, повышенным травматизмом для горнорабочих, значительными рисками выбора технологии формирования демонтажной камеры и параметров данной технологии. Вынужденные простои, связанные с демонтажными работами, не только отсрочивают прибыль, но и дополнительно увеличивают расходы на сам демонтаж, что связано с мерами по борьбе с различными негативными явлениями: вывалами пород непосредственной кровли в пространство демонтажной камеры, пучением почвы, разрушением целиков полезного ископаемого, пригрузкой секций механизированной крепи и рядом других. Данная статья посвящена поиску возможных путей сокращения сроков демонтажа очистных механизированных комплексов.

Анализ применяемых технологий создания демонтажных камер

На основании проведенного анализа научно-технической литературы можно сделать вывод о том, что демонтажные работы делятся на несколько этапов по времени и виду выполняемых работ:

1. Подготовительный;

Первый этап демонтажных работ, характеризуется тщательным планированием всех действий работ и выбора способа формирования демонтажной камеры. Во избежание неслаженных действий все участники будущих демонтажных работ знакомятся с планом работ под роспись. Подготовительный этап заканчивается формированием демонтажной камеры.

2. Демонтаж оборудования с сохранением целостности демонтажной камеры;

На втором этапе выполняются демонтажные работы основной и вспомогательной аппаратуры. Исключением являются механизмы и агрегаты, отвечающие за процесс управления кровлей демонтажной камеры.

3. Демонтаж секций механизированной крепи очистного комплекса;

Третий этап является конечным этапом демонтажных работ. Демонтируются и транспортируются в монтажную камеру секции механизированной крепи. Демонтажная камера при этом погашается.

В настоящее время на передовых угледобывающих предприятиях Российской Федерации применяются следующие технологии формирования демонтажной камеры [5, 6, 7]:

1. Формирование демонтажной камеры очистным забоем;

2. Заблаговременное формирование демонтажной камеры проходческими комплексами;

Формирование демонтажных камер очистным забоем считается наиболее перспективным и передовым направлением, хорошо себя

зарекомендовавшим на предприятиях Российской Федерации. При этом средний срок перемонтажа на шахтах РФ и шахтах США отличается не менее чем в 3 раза. Нормативная продолжительность монтажно-демонтажных работ при технологии формирования демонтажной камеры очистным комплексом в РФ составляет при длине лав 300 м 45 и 60 суток для пластов средней мощности и мощных соответственно. В то же время на шахтах США срок перемонтажа, как правило, не превышает 14 дней [3].

Технология заблаговременного формирования демонтажной камеры характеризуется наличием целика полезного ископаемого между пройденной выработкой и приближающейся лавой. Ширина целика по мере подвигания забоя планомерно уменьшается. При этом в зону опорного давления попадает как целик и окружающая его порода, так и сама демонтажная камера. В связи с этим важную роль в успешности демонтажа играют скорость подвигания очистного механизированного комплекса и надежность крепления демонтажной камеры. Если скорость подвигания будет недостаточной, то целик может разрушиться и нагрузка на секции крепи резко увеличится. Попадание демонтажной камеры в зону действия опорного давления лавы может привести к снижению устойчивости пород непосредственной кровли.

В работе [3] приведена таблица результатов анализа эффективности проведения монтажно-демонтажных работ на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс». Как можно заметить, в 82% случаев сроки монтажно-демонтажных работ были превышены. В некоторых случаях общий срок монтажно-демонтажных работ был превышен в 2 и более раз, что так же подтверждается в работе [6].

Учитывая вышесказанное и приводя работу [8], в которой утверждается, что сокращение сроков монтажно-демонтажных работ на 12,58 суток при суточной добыче в 8905 т/сут приведет к положительному эффекту в 168 037 000 рублей или на 13 440 000 руб/сут при цене реализуемого угля в 1500 р/т, можно сделать вывод о целесообразности разработки иных технологических решений и модернизации работ по формированию демонтажной камеры.

В работах [9, 10] более детально рассмотрен опыт ведения демонтажных работ при различных способах формирования демонтажной камеры. Представлен успешный опыт формирования демонтажной камеры очистным забоем. Автором отмечаются следующие положительные особенности данной технологии: отсутствие на протяжении всего демонтажа признаков увеличения нагрузки на крепь, деформации и отслоения непосредственной кровли, отжима в процессе формирования демонтажной камеры. Также авторами уделяется внимание вопросам

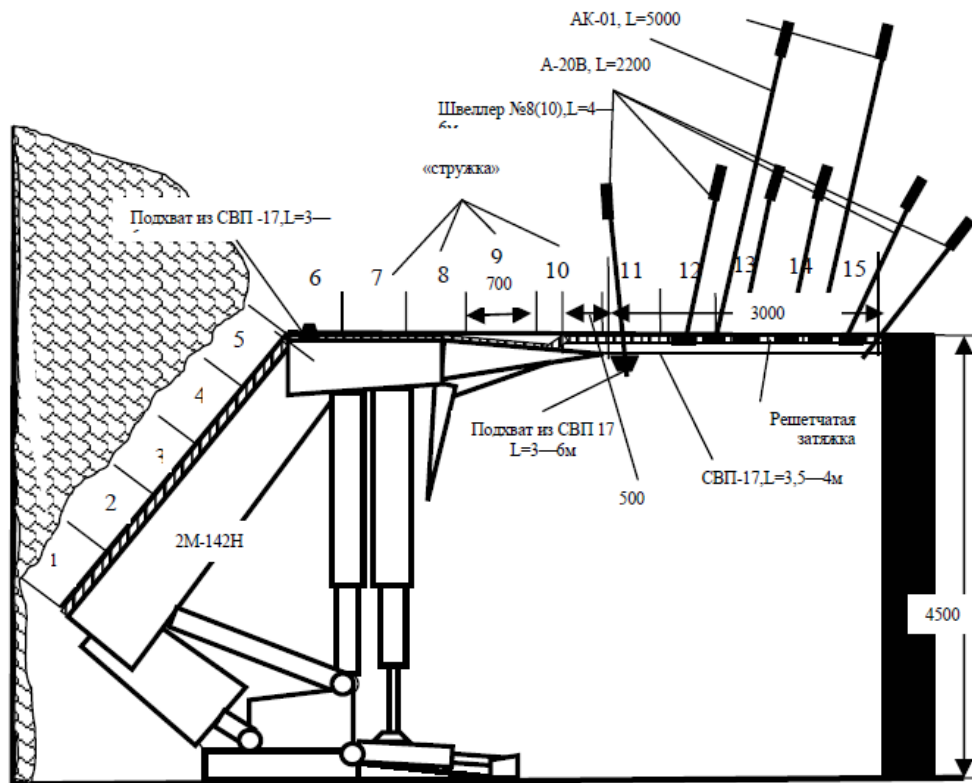


Рис. 1. Схема подготовки демонтажной камеры №1362 [9].
Fig. 1. Scheme of recovery room No.1362 preparation [9].

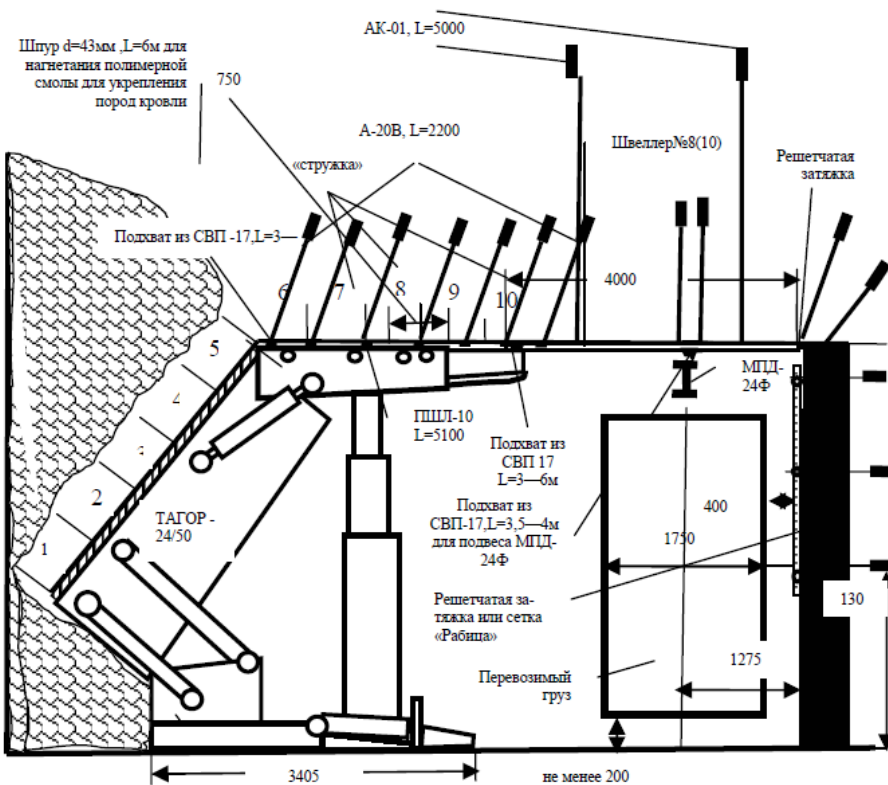


Рис. 2. Схема подготовки демонтажной камеры №1325 [9].
Fig. 2. Scheme of recovery room No.1325 preparation [9].

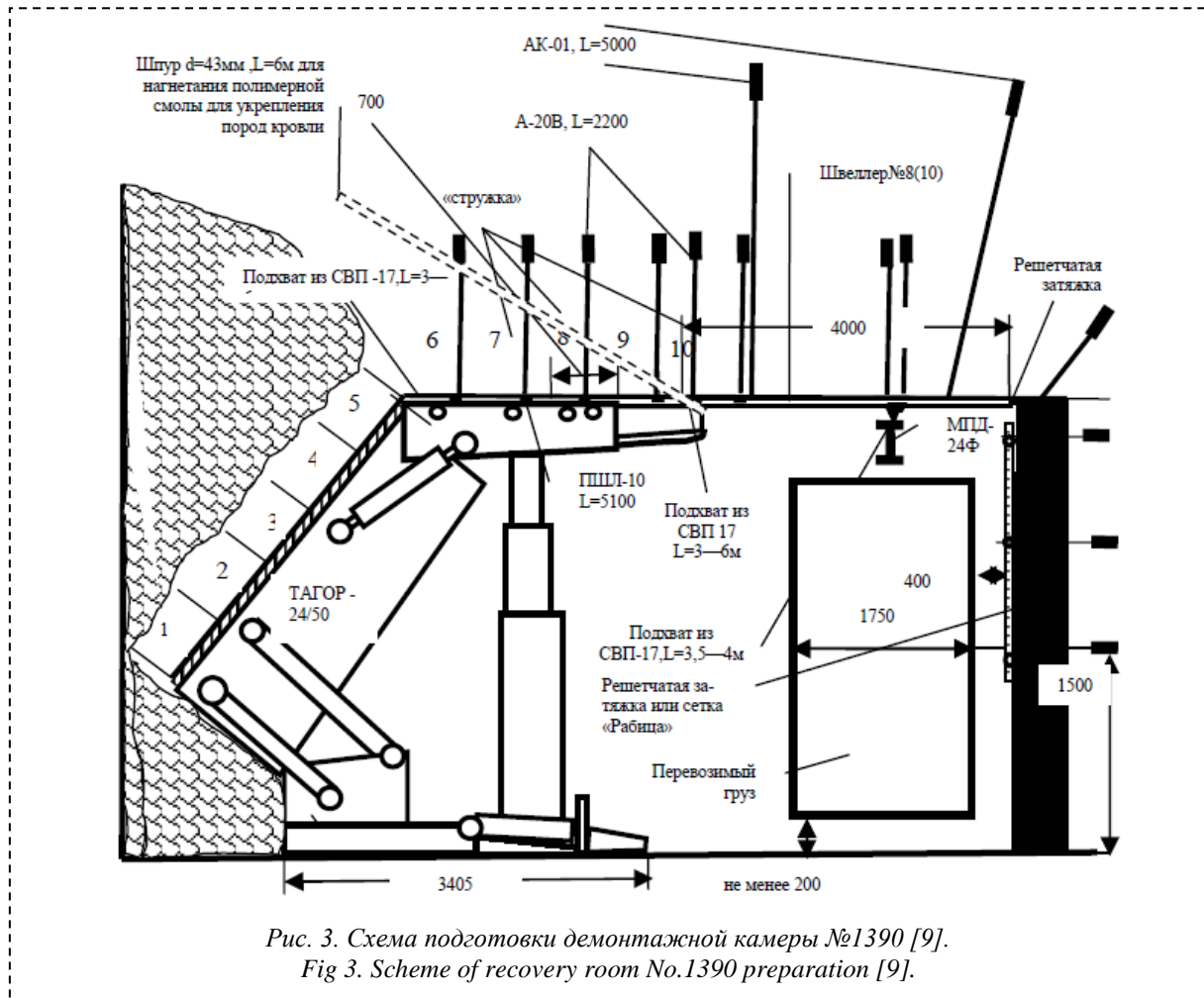


Рис. 3. Схема подготовки демонтажной камеры №1390 [9].
 Fig 3. Scheme of recovery room No.1390 preparation [9].

крепления пород непосредственной кровли. В работе [9] описывается два опыта формирования демонтажной камеры очистным забоем с различными способами крепления.

Первый описываемый опыт (рис. 1) характеризуется применением деревянного бруса с размерами 6,0x0,2x0,08 м в качестве перекрытия и продолжительным периодом времени между формированием демонтажной камеры и началом демонтажа, который продлился более шести месяцев. При продвижении секций механизированного комплекса и в процессе демонтажа деревянный брус потерял свои прочностные свойства. Ввиду этого процесс демонтажа секций крепи очистного комплекса сопровождался значительными вывалами пород непосредственной кровли в рабочее пространство демонтажной камеры и из-за этого существенно увеличилась продолжительность ведения демонтажных работ на срок более 60 суток.

Во втором случае отличительным фактором являлось применение сталеполимерной анкерной крепи в качестве крепления и перекрытия над секциями крепи (рис. 2). К достоинствам представленной технологии относятся меньшее расслоение пород кровли и использование подвесной монорельсовой дороги для перевозки

секций крепи весом 32 т. Среди недостатков выделяется большое количество элементов анкерного крепления. При этом работы по анкерowaniu пород непосредственной кровли невозможно проводить параллельно с другими операциями, которые входят в цикл выемки угля и формирования демонтажной камеры. Представленный факт также значительно увеличивает время демонтажных работ. Обеспечение очистного забоя необходимым количеством оборудования для минимизации сроков анкерования непосредственной кровли ведет к увеличению трудозатрат и к удорожанию демонтажных работ.

Также в работе [9] упоминаются и два опыта применения технологии заблаговременного формирования демонтажных камер. Отличительными чертами первого описанного опыта (рис. 3) являются совместное применение сталеполимерной анкерной крепи и решетчатой затяжки, которые сформировали сплошное перекрытие, проведение демонтажного хода шириной 4,0 м на границе у охранного целика и применение полимерных смол для укрепления массива кровли. Среди негативных последствий выделяются вывалы пород непосредственной кровли, куполообразования как в процессе подхода

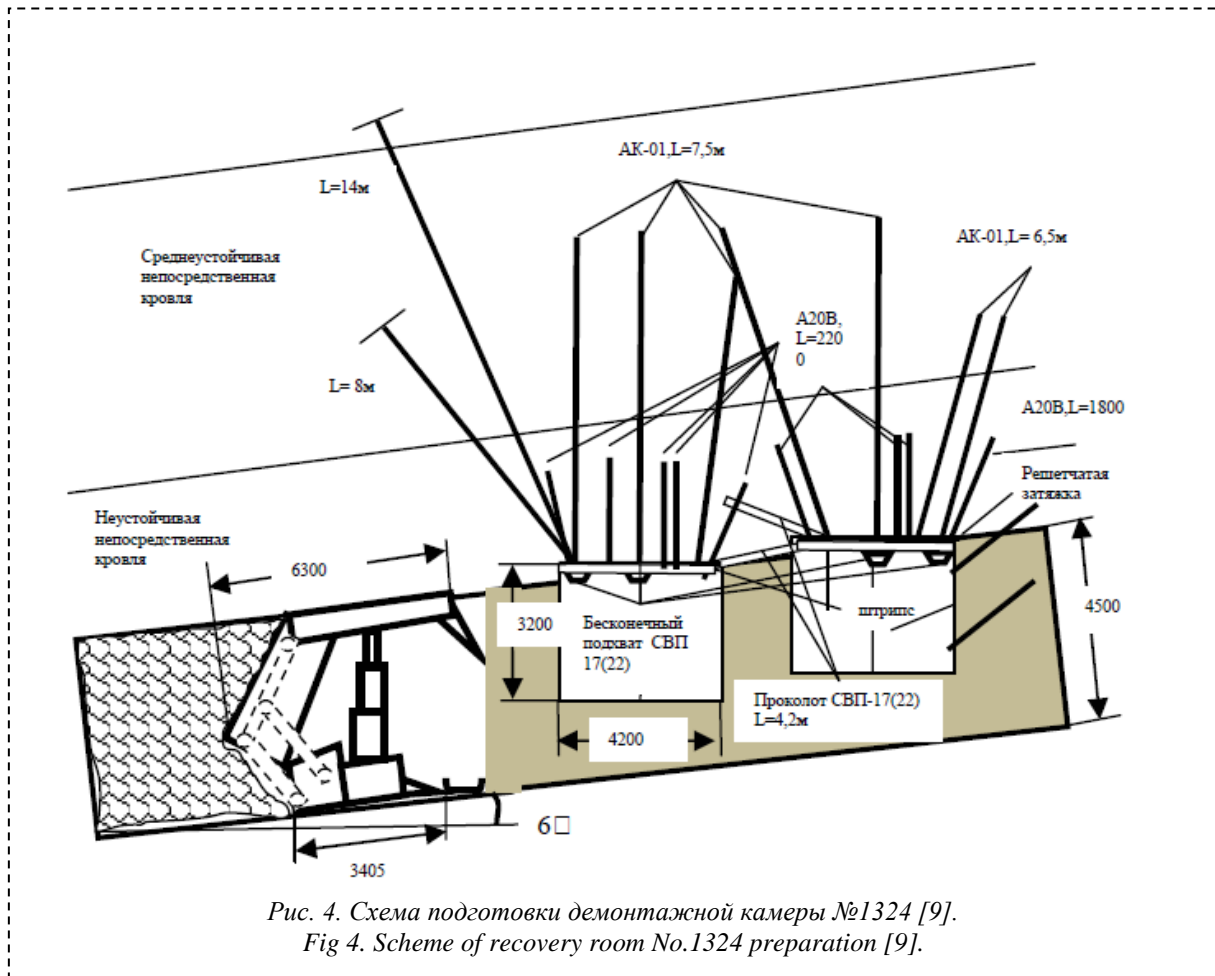


Рис. 4. Схема подготовки демонтажной камеры №1324 [9].
Fig 4. Scheme of recovery room No.1324 preparation [9].

лавы к демонтажной камере, так и в процессе демонтажа. Скорость демонтажа секций механизированной крепи составила 2-3 секции в сутки, а общая продолжительность демонтажных работ превысила 50 дней [9].

Во втором случае (рис. 4) демонтажная камера состояла из частей: заранее подготовленными забойными и завальными частями и целиком угля между ними. Также осуществлялось химическое упрочнение пород бортов демонтажной камеры и гидроразрыв пород кровли для исключения завесаний пород кровли. Как отмечает автор, после въезда на 30-и метровом участке очистного механизированного комплекса породы кровли потеряли устойчивость. Работы по подготовке демонтажной камеры, в сумме потребовали более 40 млн рублей. Произошло опускание пород непосредственной кровли на величину до 2,5 метров по всей длине демонтажной камеры за исключением 30 метровых участков на сопряжениях с вентиляционным и конвейерным штреками. Общая продолжительность перемонтажа очистного механизированного комплекса составила более 60 дней.

В источнике [11] приведена инструкция по расчету анкерной крепи только демонтажных камер, формируемых очистным забоем. При этом расчет параметров крепления при

заблаговременном проведении и формировании демонтажной камеры следует выполнять по результатам проведения научно-исследовательских работ с последующим консультационно-методическим сопровождением паспортов крепления. Это говорит о высокой сложности проводимых работ и об отсутствии универсальных методик расчета анкерного крепления заблаговременно формируемых демонтажных камер. Стоит отметить, что способ и место въезда очистного механизированного комплекса в демонтажную камеру имеют значительное влияние на устойчивость целика между приближающейся лавой и демонтажной камерой. Это, в свою очередь, дополнительно увеличивает сложность работ. Как следствие, технология заблаговременного формирования демонтажной камеры характеризуется высокой трудоемкостью и низкой надежностью, при большом количестве сопутствующих рисков, ввиду чего на современных угледобывающих предприятиях следует отказаться от применения технологии заблаговременного формирования демонтажной камеры. Данное предложение подкрепляется работой [12], в которой также сравнен экономический фактор влияния на выбор способа формирования демонтажной камеры.

В результате проведенного анализа существующих способов формирования демонтажных камер и самого процесса демонтажа очистного механизированного комплекса можно сказать, что основная часть исследований направлена на создание новых и улучшение существующих технологий заблаговременного формирования демонтажных камер. К числу таковых в области технологий формирования демонтажных камер можно отнести изобретения [13, 14, 15]. Перечисленные технологии обладают своими недостатками, но общим является недостаток повышенной опасности труда горнорабочих в лаве и демонтажной камере за счет разрушения целиков угля между подходящей лавой и сформированной демонтажной камерой, разрушения пород непосредственной кровли демонтажной камеры под действием опорного давления лавы. Из этого следует, что представленные технологии не могут являться надежными в сложных горно-геологических условиях и тем более в условиях неустойчивых пород непосредственной кровли [16, 17].

Заключение

Одним из ключевых факторов, влияющих на эффективность демонтажных работ, является состояние пород непосредственной кровли в периоды формирования демонтажной камеры и ведения демонтажных работ. Так, применение способа заблаговременного формирования демонтажной камеры эффективно только в благоприятных горно-геологических условиях.

Укрепление пород кровли полимерными смолами и различными химическими составами, применяемыми при формировании демонтажной камеры очистным забоем, не может гарантировать ее устойчивого состояния, является достаточно дорогим мероприятием и существенно увеличивает сроки демонтажных работ из-за невозможности совмещения с выемкой угля и другими видами работ. Осуществление гидроразрыва не гарантирует высокую эффективность разгрузки пород непосредственной кровли от горного давления. Применение анкерной крепи 1-го и 2-го уровня в сочетании с решетчатой затяжкой или полимерной сеткой может обеспечить необходимую устойчивость непосредственной кровли, но в тоже время, является трудо- и материалоемким, и, что важнее, увеличивает продолжительность формирования демонтажной камеры.

В настоящее время отсутствует технология формирования демонтажной камеры, объединяющая в себе основные достоинства описанных технологий: совмещение операций по выемке угля и креплению кровли демонтажной камеры.

Представленные технологии формирования демонтажной камеры при своих достоинствах имеют существенные риски и исчерпали потенциал на сокращение продолжительности демонтажа. Ввиду этого необходимо разработать концептуально новые технологии, основанные на иных принципах и позволяющие исключить недостатки вышеописанных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мешков А.А., Волков М.А., Ордин А.А., Тимошенко А.М., Ботвенко Д.В. О рекордной длине и производительности очистного забоя шахты имени В.Д. Ялевского // Уголь. – 2018. – №7. – С.4-7.
2. Зубов В.П. Современные технологии и актуальные проблемы ресурсосбережения при подземной разработке пластовых месторождений полезных ископаемых // Горный журнал. 2018. № 6. С. 77-83.
3. Казанин О.И., Сидоренко А.А., Мешков А.А. Организационно-технологические принципы реализации потенциала современного высокопроизводительного очистногооборудования // Уголь, 2019. – № 12. С. 4-13.
4. Карпов Г.Н. Технологии демонтажа очистных механизированных комплексов при разработке пологих мощных угольных пластов с неустойчивыми породами кровли. Записки Горного Института, 2012. – Том 195. С. 103-107.
5. Зубов В.П., Карпов Г.Н., Полосухин, С.В. Повышение эффективности применения очистных механизированных комплексов в условиях высокой концентрации горных работ // Горный журнал, 2014. – №4. С. 65-69.
6. Климов В.В. Обоснование параметров технологии демонтажа очистных механизированных комплексов при интенсивной отработке пологих угольных пластов: дис. канд. техн. наук: 25.00.22. СПб, 2020.
7. Супруненко А.Н., Орлов Д.А. Классификация способов строительства демонтажных камер для очистных механизированных комплексов на пологих угольных пластах // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – №2. – 2015. – С.73-75.
8. Ульянов В.В., Ремезов А.В., Жаров А.И., Торро В.О., Кузнецов Е.В. Методические основы новых технологических схем перемонтажа ОМК в границах шахта-пласта Современные тенденции и инновации

в науке и производстве: Материалы VI Международной науч.-практ. конф. Междуреченск, 24-26 апреля 2017 г. – Кемерово, 2017. – 58-65 с.

9. Харитонов И.Л. Опыт подготовки очистных забоев к демонтажу в условиях шахты «Им. 7 Ноября» // Горный информационно-аналитический бюллетень – 2013. – № S 2. – С. 127-136.

10. Харитонов И.Л., Ремезов А.В. Исследование опорного давления при подвигании очистного забоя пологих угольных пластов на ранее пройденные выработки // Горный информационно-аналитический бюллетень – 2016. – № 4. – С. 292-299.

11. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 42. ЗАО «НТЦ ПБ», 2015. – 186 с.

12. Карпов Г.Н. Особенности демонтажа лав, оборудованных современными высокопроизводительными комплексами, при отработке пологих мощных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 4. – С.390-393.

13. Способ демонтажа механизированного комплекса очистного забоя [Текст] : пат. 2399766 Рос. Федерация : МПК E21D23/00

14. Способ демонтажа механизированных очистных комплексов [Текст] : пат. 2190765 Рос. Федерация : МПК E21D23/00 E21D13/02

15. Способ разработки пластов полезных ископаемых [Текст] : пат. 2498065 Рос. Федерация : МПК E21C41/18

16. Карпов Г.Н., Ковальский Е.Р., Смычник А.Д. Определение параметров разгрузки массива горных пород на концевых участках демонтажной камеры // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 8. С. 95 – 107.

17. Karpov G.N., Kovalski E.R., Leisle A.V. Analytics studies of strain-stress distribution of rock massif at recovery room T-junctions // International journal of advanced research in engineering and technology. 2019, 10(2), pp. 596-607.

REFERENCES

1. Meshkov A.A., Volkov M.A., Ordin A.A., Timoshenko A.M., Botvenko D.V. O rekordnoy dline i proizvoditel'nosti ochistnogo zaboya shakhty imeni V.D.Yalevskogo [About the record length and productivity of the stoping face of the V.D. Yalevsky mine]. Ugol, 2018. – №7. – P.4-7. (rus)

2. Zubov V.P. Sovremennye tekhnologii i aktual'nye problemy resursoberezhe-niya pri podzemnoy razrabotke plastovykh mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh [Modern technologies and current problems of resource saving in underground mining of flat-masses mineral deposits]. Mining magazine, 2018. – № 6. P. 77-83. (rus)

3. Kazanin O.I., Sidorenko A.A., Meshkov A.A. Organizatsionno-tekhnologicheskie printsipy realizatsii potentsiala sovremennogo vysokoproizvoditel'nogo ochistnogo-oborudovaniya [Organizational and technological principles of realizing the potential of modern high-capacity stoping equipment]. Ugol, 2019. – №12. P. 4-13. (rus)

4. Karpov G.N. Tekhnologii demontazha ochistnykh mekhanizirovannykh kompleksov pri razrabotke pologikh ugol'nykh plastov s neustoychivymi porodami krovli [Mining complexes dismantling technologies at extraction of flat-lying thick coal seams with unstable rocks of the roof]. Journal of Mining Institute, 2012. – Volume 195. P. 103-107. (rus)

5. Zubov V.P., Karpov G.N., Polosukhin, S.V. Povyshenie effektivnosti primene-niya ochistnykh mekhanizirovannykh kompleksov v usloviyakh vysokoy kontsentratsii gornyykh rabot [Increasing the efficiency of the use of mechanized stoping complexes in conditions of high concentration of mining operations]. Mining magazine, 2014. – №4. P. 65-69. (rus)

6. Klimov V.V. Obosnovanie parametrov tekhnologii demontazha ochistnykh mekhanizirovannykh kompleksov pri intensivnoy otrabotke pologikh ugol'nykh plastov [Substantiation of the parameters of the technology for dismantling mechanized stoping complexes during intensive mining of sloping coal seams]: dis... cand. of Tech. sciences: 25.00.22. Spb, 2020. (rus)

7. Suprunenko, A.N. Orlov D.A. Suprunenko, A.N. Klassifikatsiya sposobov stroitel'stva demontazhnykh kamer dlya ochistnykh mekhanizirovannykh kompleksov na pologikh ugol'nykh plastakh [Classification of construction methods for recovery rooms for stoping mechanized complexes in sloping coal seams]. Vestnik of the Kuzbass state technical University. – No. 2. – 2015. – P. 73-75. (rus)

8. Ulyanov V.V., Remezov A.V., Zharov A.I., Torro V.O., Kuznetsov E.V. Metodiche-skie osnovy novykh

tekhnologicheskikh skhem peremontazha OMK v granitsakh shakhta-plasta [Methodological foundations of new technological schemes for remounting Longwall set of equipment within the boundaries of the mine-layer]. Modern trends and innovations in science and production: Materials of the VI International scientific conference. - practical conference. Mezhdurechensk, April 24-26, 2017-Kemerovo, 2017. – 58-65 p. (rus)

9. Kharitonov I.L. Opyt podgotovki ochistnykh zaboev k demontazhu v usloviyakh shakhty ««Im. 7 Noyabrya» [Experience in preparing stoping faces for dismantling in the conditions of the mine "7 Nojabrya"]. Mining information and analytical Bulletin – 2013. – № S 2. – p. 127-136. (rus)

10. Kharitonov I.L., Remezov A.V. Issledovanie opornogo davleniya pri podviga-nii ochistnogo zaboya pologikh ugol'nykh plastov na ranee proydennye vyrabotki [Study of the abutment pressure when moving the stoping face of sloping coal seams to previously passed workings]. Mining information and analytical Bulletin. – 2016. – № 4. – P.292-399. (rus)

11. Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «In-struktsiya po raschetu i primeneniyu ankerной krepі na ugol'nykh shakhtakh» [Federal rules and regulations in the field of industrial safety "Instructions for the calculation and use of the roof bolting support in coal mines"]. Series 05. Fascicle 42. ZAO «NTZ PB», 2015. – 186 p. (rus)

12. Karpov G. N. Osobennosti demontazha lav, oborudovannykh sovremennymi vyso-koproizvoditel'nymi kompleksami, pri otrabotke pologikh moshchnykh plastov [Peculiarities of dismantling lavas equipped with modern high-capacity complexes in the process of mining of flat thick seams]. Mining information and analytical Bulletin, 2012. – № 4. – Pp. 390-393. (rus)

13. Sposob demontazha mekhanizirovannogo kompleksa ochistnogo zaboya [Method of dismantling the mechanized complex of the sloping face] [Text]: Pat. 2399766 ROS. Federation: IPC E21D 23/00

14. Sposob demontazha mekhanizirovannykh ochistnykh kompleksov [Method of dismantling mechanized sloping complexes] [Text]: Pat. 2190765 Rus. Federation: IPC E21D 23/00 E21D13 / 02

15. Sposob razrabotki plastov poleznykh iskopaemykh [Method of development of mineral layers] [Text]: Pat. 2498065 Rus. Federation: IPC E21C41 / 18

16. Karpov G.N., Kovalski E.R., Smychnik A.D. Opredelenie parametrov razgruz-ki massiva gornykh porod na kontsevykh uchastkakh demontazhnoy kamery [Determination of rock destressing parameters at the end of disassembling room]. Mining Informational and Analytical Bulletin. 2019 (8), p 95-107. (rus)

17. Karpov G.N., Kovalski E.R., Leisle A.V. Analytics studies of strain-stress distribution of rock massif at recovery room T-junctions. International journal of advanced research in engineering and technology. 2019, 10(2), pp. 596-607.

Поступило в редакцию 10.01.2021

Received 10 January 2021