УДК 622.274

Б. А. Анферов, Л. В. Кузнецова

КОМБИНИРОВАНИЕ ЩИТОВОЙ И СЛОЕВОЙ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ПРИ ВЫЕМКЕ МОЩНЫХ КРУТОНАКЛОННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Отсутствие высокоэффективных средств механизации трудоемких операций, слабое технологическое обеспечение, сложная инфраструктура шахт, разрабатывающих мощные крутонаклонные пласты, с одной стороны, и прорыв в технологии и развитии средств механизации очистных работ на пологих пластах, с другой, привели к потере привлекательности инвестирования добычи угля из таких пластов у бизнеса и закрытию существующих шахт [1].

Для разработки мощных крутонаклонных пластов авторами разработана технология подземной добычи угля, позволяющая использовать высокопроизводительные средства механизации при выемке угля по щитовой системе разработки [2-4]. Идея технологии базируется: на раскройке выемочной полосы участками слабонаклонных и противоположно направленных слоев, позволяющей перенести механизированную технологию разработки пологих пластов на крутые и крутонаклонные пласты; на вовлечении сил гравитации для передвижки крепи, сохраняя тем самым достоинства традиционной щитовой системы разработки; на использовании мобильности и компактности применяемых средств механизации для организации поточной работы по их монтажу (демонтажу), в зависимости от горно-геологических условий; на применении средств механизации

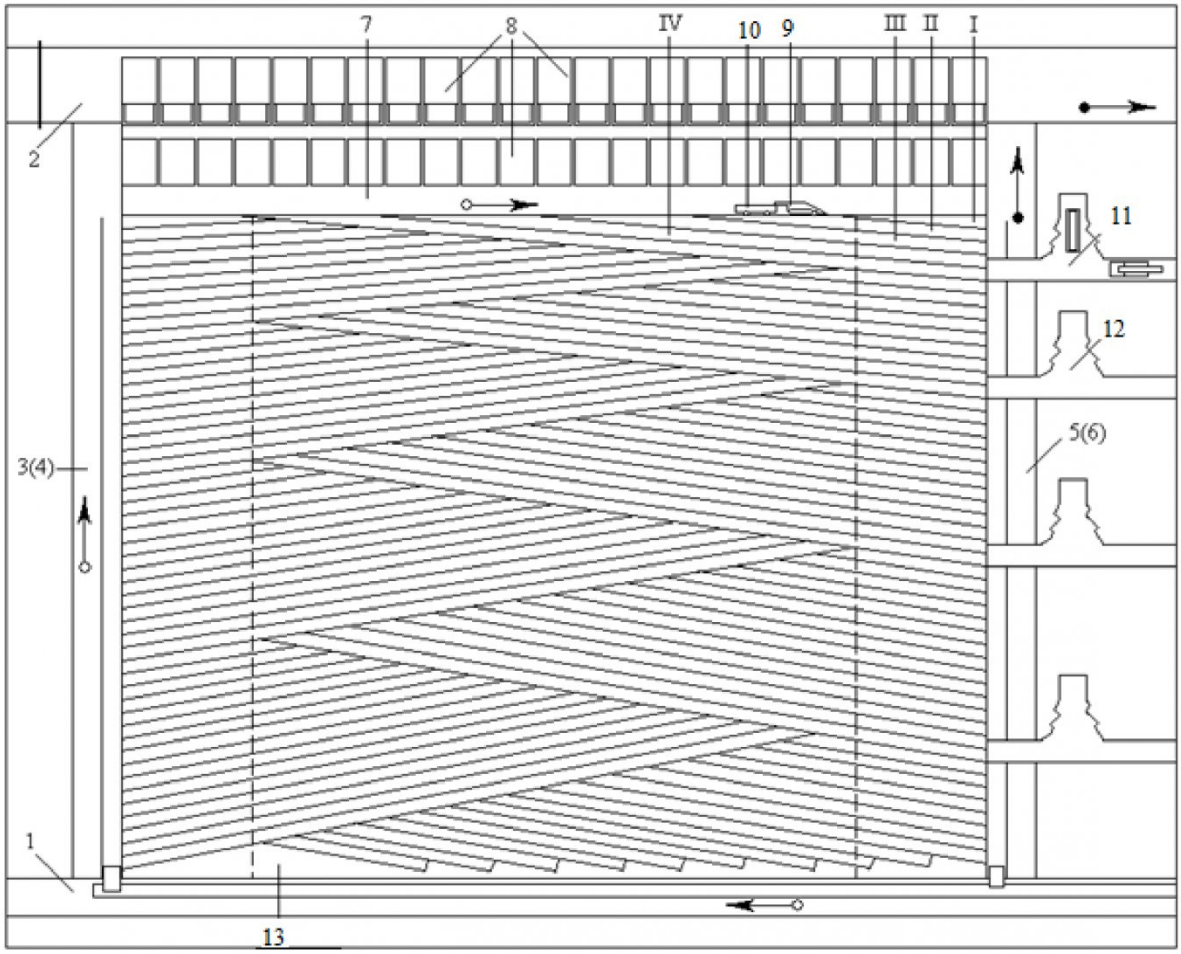

Рис. 1. Схема подготовки и отработки выемочного столба: 1 – конвейерный штрек; 2 – вентиляционный штрек; 3 – фланговый углеспускной скат нижнего слоя; 4 – фланговый углеспускной скат верхнего слоя; 5 – ближний углеспускной скат нижнего слоя; 6 – ближний углеспускной скат верхнего слоя; 7 – монтажная камера; 8 – секция щитовой агрегатированной крепи; 9 – очистной комбайн фронтального действия; 10 – самоходный вагон; 11 – первая горизонтальная камера разворота; 12 – вторая горизонтальная камера разворота; 13 – целик безопасности; I-IV – вынимаемый слой

разрушения горных пород, позволяющих отбивать не только уголь, но и более твердые горные породы. Область применения такой технологии ограничивается мощностью пластов до 7,0 м. Для выемки более мощных пластов технология дополнена элементами слоевой системы разработки, такими как: разделение пласта по мощности на два наклонных слоя, оставление межслоевой пачки, монтаж гибкого перекрытия на почве слоя у кровли пласта и параллельная работа двух очистных забоев в наклонных слоях [5].

Подготовка шахтного поля осуществляется по этажной схеме пластовым способом (рис.1). Выемочный столб подготавливают проведением конвейерного и вентиляционного штреков. Угольный пласт по мощности делят на два наклонных слоя, один из которых примыкает к почве пласта (нижний слой), другой – к его кровле (верхний слой), оставляя между ними межслоевую пачку. При этом мощность наклонных слоев принимают в зависимости от технических характеристик применяемых средств механизации, например, секций крепи, а мощность межслоевой пачки – в зависимости от физико-механических свойств угля. Выемочную полосу оконтуривают по простиранию проведением у границ столба углеспускных скатов у почвы пласта и у почвы слоя, примыкающего к кровле пласта. У вентиляционного штрека в пространстве между скатами сооружают монтажную камеру, в которой монтируют секции щитовой агрегатированной крепи (рис. 2) [6].

Секции крепи в каждом слое устанавливают бок о бок в линию и связывают домкратами передвижки. В лоток укладывают рулон сетки, которую, разматывая, пропускают через щелевидные каналы. Затем сеткой накрывают межслоевую пачку, выдвижной решетчатый козырек и всю секцию крепи в слое у почвы пласта с нахлестом на почву. Пространство над сеткой заполняют закладочными породами, образуя подушку, защищающую секции крепи от динамических воздействий обрушенных пород кровли.

В рабочем пространстве очистного забоя каждого из слоев оформляют почву горизонтального слоя и монтируют очистной комбайн фронтального действия с режущим исполнительным органом, выполненным в виде горизонтально ориентированного барабана, например типа JOY 17CM, и самоходный вагон, например B15K (см. рис.1).

Проветривание очистного забоя в слое у почвы пласта осуществляют за счет общешахтной депрессии по возвратноточной схеме: конвейерный штрек, углеспускной скат нижнего слоя 3, пространство очистного забоя нижнего слоя, углеспускной скат нижнего слоя 5, вентиляционный штрек. В слое у кровли пласта – конвейерный штрек, углеспускной скат верхнего слоя 4, очистной забой верхнего слоя, углеспускной скат верхнего слоя 6, вентиляционный штрек (см. рис. 1).

В исходном положении секции установлены в линию, выдвижные козырьки выдвинуты до соприкосновения с межслоевой пачкой (в слое у почвы пласта), а в слое у кровли пласта секции лотками касаются кровли пласта. Выемка угля в наклонных слоях осуществляется слабонаклоненными слоями, начиная с ближней границы выемочной полосы. При этом машинисты комбайна и самоходного вагона должны всегда располагаться со стороны секций крепи. Очистной комбайн, не доходя до ближней границы выемочной полосы, начинает зарубаться в почву горизонтального слоя и грузить отбитый уголь в самоходный вагон. При этом комбайн придает почве вынимаемого слоя I уклон под углом β в сторону ближнего углеспускного ската 5 (6), но не более допустимого для применяемых средств механизации – комбайна и самоходного вагона. Самоходный вагон, в свою очередь, транспортирует уголь до флангового углеспускного ската. При этом расстояние L, с которого комбайн начинают зарубать в почву монтажной камеры, принимают $m_c \cdot ctg\beta$, где m_c – мощность вынимаемого слоя, принимаемая в зависимости от шага передвижки секций крепи и из условия недопущения прорыва обрушенных пород в рабочее пространство. После отхода груженого вагона от комбайна, последний задним ходом возвращают к началу зарубки в почву горизонтального слоя; исполнительными органами секций агрегатированной крепи, установленных в зоне вынутого слабонаклоненного слоя, осуществляют оконтуривание образовавшейся очистной выработки – подрубают угловой целик у почвы слоя и целик у межслоевой пачки и кровли пласта. Отбитый уголь при этом просыпается на почву слоя, с которой комбайн грузит его в подошедший разгруженный самоходный вагон. После зачистки почвы слабонаклоненного слоя комбайн и самоходный вагон опять возвращают на почву горизонтального слоя, а в рабочем пространстве слабонаклоненного слоя I передвигают секции крепи.

В слое у почвы пласта передвижка секций крепи осуществляется под межслоевую пачку угля, которая, испытывая давление разрушенных пород за гибким перекрытием, сеткой, обламывается порциями примерно по линии, образованной стопорными бурами секций, установленных в слое у кровли пласта. Отломившаяся порция пачки падает на решетчатый козырек секции крепи, раздавливается и просыпается в рабочее пространство слоя у почвы пласта, где ее комбайном грузят в самоходный вагон и транспортируют к углеспускному скату.

После передвижки секций крепи в первом слабонаклоненном слое (I), аналогичным образом вынимают уголь во втором слабонаклоненном слое (II), который будет длиннее первого на величину $L=m_c \cdot ctg\beta$, затем в третьем (III), четвертом (IV) и так далее. Когда в горизонтальном слое монтажной камеры останется ограниченное пространство, в котором смогут разместиться только

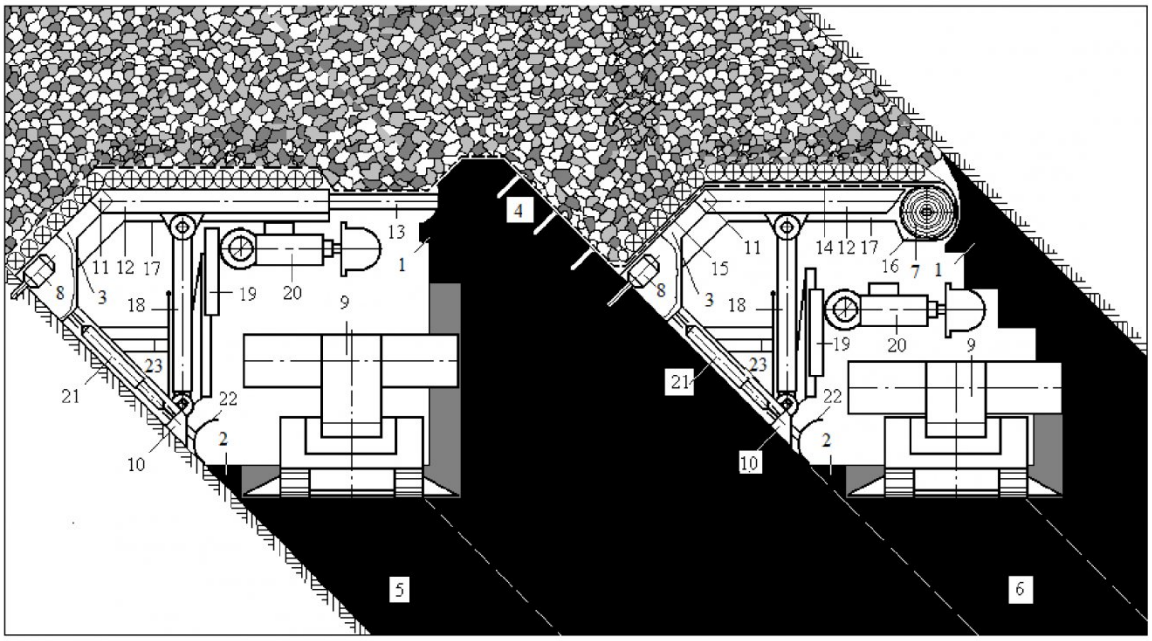

Рис. 2. Схема размещения оборудования в очистном забое (поперечный разрез): 1 – целик у межслоевой пачки и кровли пласта; 2 – угловой целик; 3 – ограждение; 4 – межслоевая пачка; 5 – углеспускной нижнего слоя; 6 – углеспускной скат верхнего слоя; 7 – рулон сетки; 8 – стопорный бур; 9 – очистной комбайн фронтального действия; 10 – основание; 11 – ось; 12 – поворотное ограждение; 13 – выдвижной решетчатый козырек; 14 – щелевидный канал; 15 – щелевидный канал в ограждении; 16 – лоток; 17 – боковое ограждение; 18 – укосина; 19 – телескопическая каретка; 20 – режущий исполнительный орган; 21 – домкрат передвижки; 22 – гидравлический привод эмалированного скребка; 23 – лестница

комбайн и самоходный вагон, комбайн производит зачистку почвы текущего слабонаклоненного слоя до ближнего углеспускного ската и далее осуществляет выемку и оформление камеры разворота за пределами выемочной полосы (рис.3). Для этого крепление устья ближнего углеспускного ската усиливают дополнительными рамами. После этого комбайн в слое у кровли пласта вынимает уголь на высоту чуть больше высоты своего корпуса, смещаясь до кровли пласта, выходит за пределы выемочной полосы над ближним углеспускным скатом и, совершая возвратно-поступательные движения веером, прорубает в угольном массиве первую горизонтальную Т-образную камеру. Обнажения угольного массива в Т-образной камере крепят рамной крепью, при возведении которой предусматривают возможность движения по камере комбайна и самоходного вагона по определенной траектории.

После сооружения первой камеры разворота комбайн и самоходный вагон разворачивают в ней и меняют местами. Затем комбайн и вагон холостым ходом перегоняют по почве отработанного слабонаклоненного слоя, который с этого момента будет являться транспортным, к фланговому скату верхнего слоя, где начинают выемку следующего слоя, наклоняя его в сторону этого флангового ската, т.е. в противоположную сторону. При этом транспорт отбитого угля осуществляют самоходным вагоном по почве транспортного слоя к

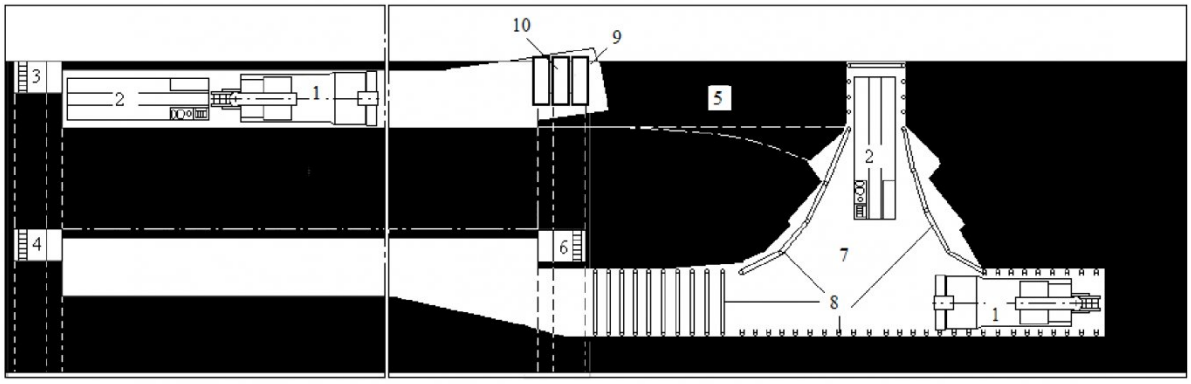

Рис. 3. Схема сооружения камеры разворота за пределами выемочной полосы (вид в плане): 1 – очистной комбайн фронтального действия; 2 – самоходный вагон; 3 – фланговый углеспускной скат нижнего слоя; 4 – фланговый углеспускной скат верхнего слоя; 5 – орт; 6 – ближний углеспускной скат верхнего слоя; 7 – камера разворота; 8 – рамная крепь; 9 – площадка; 10 – металлические трапы

ближнему углеспускному скату верхнего слоя.

Во время формирования камеры разворота (см. рис. 3) очистные работы в слое у почвы пласта подходят на уровень камеры разворота. Комбайн в слое у почвы пласта, смещаясь в сторону почвы, подрубает уголь и породы почвы, создавая тем самым площадку, на которой укладывают металлические трапы, спускаемые по ближнему углеспускному скату нижнего слоя с вентиляционного штрека; ниже трапов крепление этого углеспускного ската усиливают дополнительными рамами. Комбайн в слое у почвы пласта, двигаясь по трапам, выходит за пределы выемочной полосы и прорубает в угольном массиве орт, соединяющий пространство слоя у почвы пласта с камерой разворота. По выходе комбайна из слоя у почвы пласта в камеру разворота его там разворачивают, меняют местами с самоходным вагоном и холостым ходом возвращают в рабочее пространство слоя у почвы пласта для ведения очистных работ.

Далее вынимают слои аналогичным образом до тех пор, когда в транспортном слое останется пространство, в котором смогут разместиться только комбайн и самоходный вагон. Тогда вагон и комбайн задним ходом возвращают в камеру разворота, где их опять разворачивают и меняют местами. Затем самоходный вагон и комбайн уже по следующей транспортной выработке возвращают в пределы выемочной полосы и начинают следующий цикл выемки слоев аналогичным образом, но уже с транспортировкой отбитого угля к фланговому скату.

Когда сократится до минимального размера следующая транспортная выработка, осуществляют формирование второй горизонтальной камеры разворота за пределами выемочной полосы и т.д.

На заключительном этапе работ по выемке полосы между секциями крепи и транспортным штреком оставляют приштрековый целик или целик безопасности, комбайн и самоходный вагон по одному из углеспускных скатов выводят на конвейерный штрек (рис. 4). Оставшийся целик безопасности вынимают исполнительными органами агрегатированных секций крепи, с выпуском отбитого угля на конвейерный штрек по скважинам, которые специально для этого пробуривают с

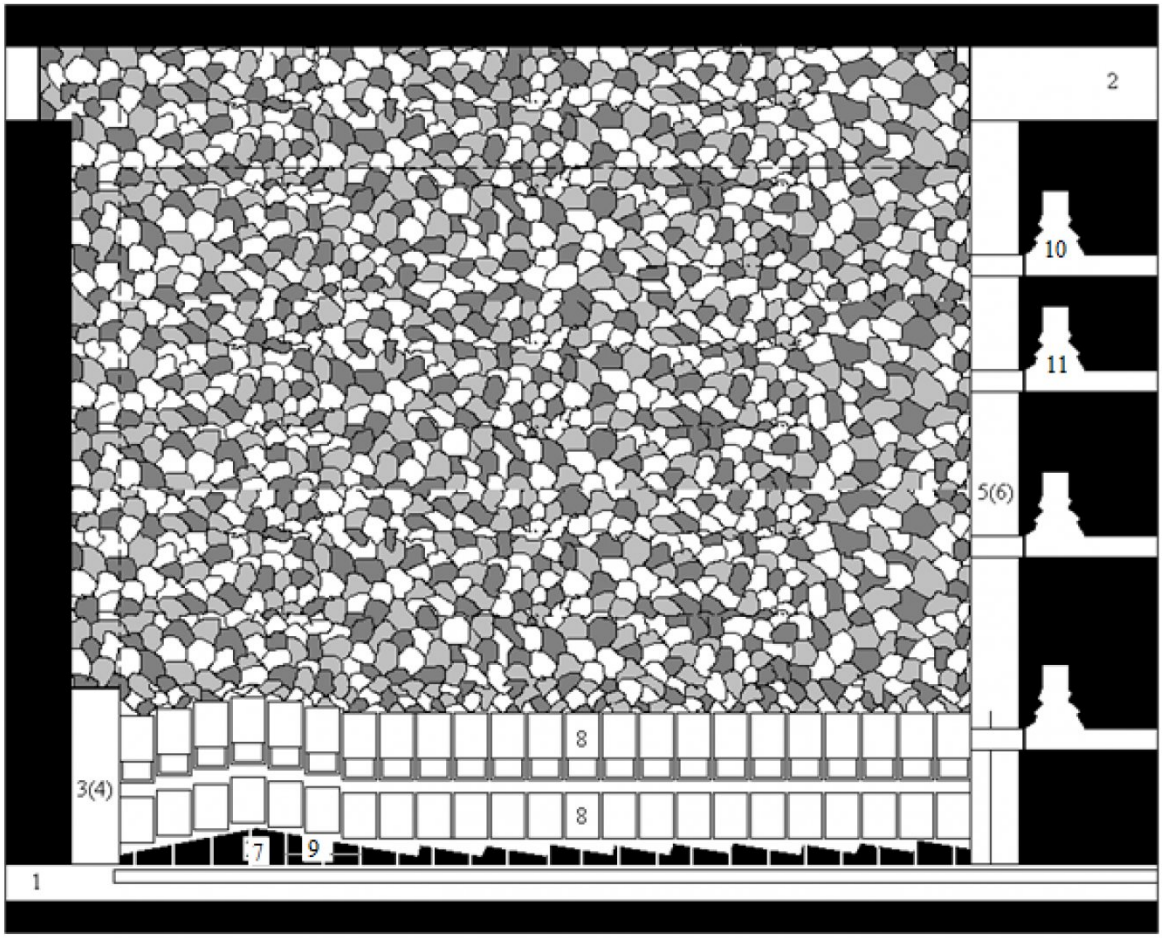

Рис. 4. Схема отработки выемочной полосы на заключительном этапе: 1 – конвейерный штрек; 2 – вентиляционный штрек; 3 – фланговый углеспускной скат нижнего слоя; 4 – фланговый углеспускной скат верхнего слоя; 5 – ближний углеспускной скат нижнего слоя; 6 – ближний углеспускной скат верхнего слоя; 7 –целик безопасности; 8 – секция щитовой агрегатированной крепи; 9 – углеспускная скважина; 10 – первая горизонтальная камера разворота; 11 – вторая горизонтальная камера разворота

конвейерного штрека в створе с каждой секцией крепи (если угол падения пласта допускает самотечный транспорт отбитого угля), или скребками агрегатированных крепей (при угле залегания пласта, не допускающем самотечный транспорт); после чего секции по очереди переводят в транспортное положение и выводят на конвейерный штрек. Так как в слое у почвы пласта объем добычи больше за счет угля из межслоевой пачки, то подвигание очистного фронта по линии падения пласта в этом слое несколько отстает от фронта в слое у кровли пласта. В связи с этим, а также из условий безопасности, вывод секций на конвейерный штрек начинают с секций, установленных в слое у кровли пласта.

Пространство отработанной полосы изолируют перемычками, оставляя возможность использования всех камер разворота для тех же целей при выемке соседней выемочной полосы, в которой направления отработки слоев и их наклона принимают симметрично относительно отработанной выемочной полосы.

Достоинства и оригинальность технологии заключается в следующем:

– за счет организации выемки слоев с наклоном в разные стороны не только значительно упрощается и облегчается операция зарубки комбайна в следующий слой, но и появляется возможность формирования многократно используемой камеры разворота за пределами выемочной полосы, что значительно упрощает организацию работ по выемке слоев;

– за счет использования исполнительных режущих органов агрегатированных крепей только для оформления очистного забоя и организации собственно выемки угля высокопроизводительным комбайном фронтального действия появилась возможность кратного увеличения производительности забоя;

– индивидуальное агрегатирование секций позволяет набирать комплект оборудования любой длины в зависимости от горно-геологических условий, например, нарушенности пласта, т.е. позволяет вынимать запасы между нарушениями;

– исключение буровзрывных работ в рабочем пространстве слоя у почвы пласта для разрушения межслоевой пачки угля повышает безопасность ведения очистных работ в целом.

В настоящее время при разработке мощных крутонаклонных угольных пластов нагрузка на очистной забой составляет не более 350 т/сут. с применением небезопасной буровзрывной технологии. Предлагаемый способ позволяет механизировать основные операции технологического цикла, что само по себе повышает безопасность ведения горных работ и многократно увеличивает нагрузку на очистной забой, обеспечивает более полное извлечение полезного ископаемого из недр, т.е. повышает эффективность и безопасность разработки мощных крутонаклонных угольных пластов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Клишин В. И. и др.* Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений. – Новосибирск: Издат. дом «Новосибирский писатель», 2011. – 524 с.

2. Пат. № 2461713 Российской Федерации, МПК E21C41/18. Способ разработки мощного крутонаклонного угольного пласта полосами по падению / Анферов Б.А., Кузнецова Л.В.; заявитель и патентообладатель ИУ СО РАН. № 2011106521; заявл. 21.02.2011; опубл. 20.09.2012, бюл. № 26. 9 с.: ил.

3. *Анферов Б.А., Кузнецова Л.В.* Щитовая механизированная разработка мощных крутых пластов с нетрадиционной раскройкой выемочной полосы // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 1. – С. 20-26.

4. *Анферов Б.А., Кузнецова Л.В.* Щитовая система разработки – новые технологические решения выемки мощных угольных пластов // Известия вузов. Горный журнал. – 2013. – № 4. – С. 4-10.

5. Пат. № 2470157 Российской Федерации, МПК E21C41/18. Способ слоевой разработки мощного крутонаклонного угольного пласта / Анферов Б.А., Кузнецова Л.В.; заявитель и патентообладатель ИУ СО РАН. № 2011124678; заявл. 16.06.2011; опубл. 20.12.2012, бюл. № 35. 11 с.: ил.

6. Пат. № 2415271 Российской Федерации, МПК[7] E21Д23/00. Секция агрегатированной крепи / Анферов Б.А., Кузнецова Л.В.; заявитель и патентообладатель ИУУ СО РАН. № 2009144438; заявл.30.11.2009; опубл. 27.03.2011, бюл. № 9. 8 с.: ил.

Авторы статьи

Анферов
Борис Алексеевич
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эффективных технологий разработки угольных месторождений
Института угля СО РАН.
Email: b.anferov@icc.kemsc.ru

Кузнецова
Людмила Васильевна
канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории эффективных технологий разработки угольных месторождений
Института угля СО РАН.
Email: lvk@icc.kemsc.ru