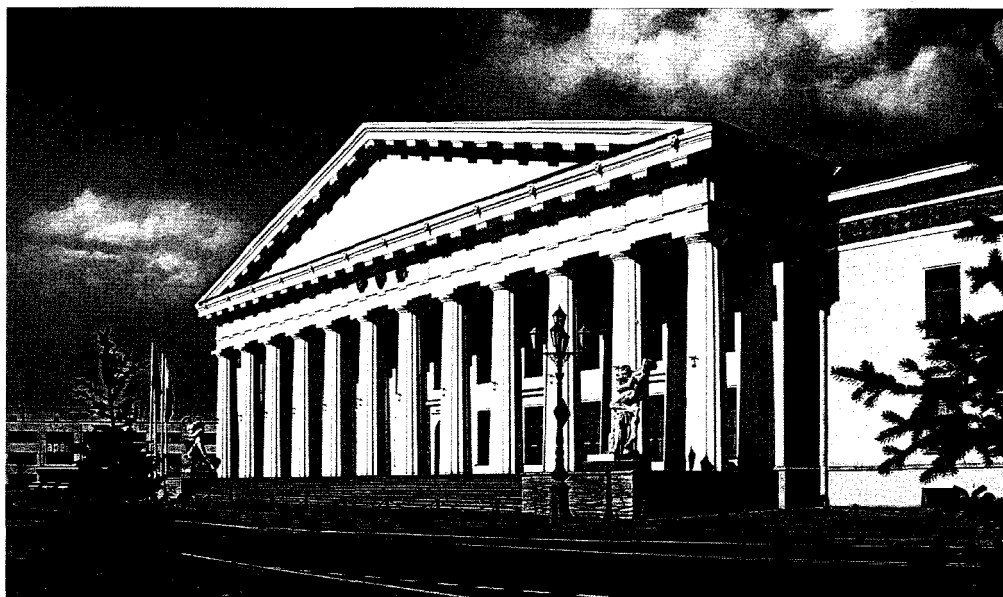


**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
И МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА
(РОССИЙСКИЙ И МИРОВОЙ ОПЫТ)**

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

2–3 декабря 2015 года

Сборник научных трудов



Санкт-Петербург
2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ УНИВЕРСИТЕТ «ГОРНЫЙ»

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
И МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА
(РОССИЙСКИЙ И МИРОВОЙ ОПЫТ)**

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

2-3 декабря 2015 г.

Сборник научных трудов

Санкт-Петербург
2016

УДК 553:622+65.01+330

ББК 65.30

Э40

В сборнике научных трудов представлены статьи участников Международной научной конференции «Экономические проблемы и механизмы развития минерально-сырьевого комплекса (российский и мировой опыт)», проведенной в Горном университете 2-3 декабря 2015 года. Конференция была приурочена к 50-летию экономического факультета Горного университета.

В публикуемых статьях рассмотрены технико-экономические и организационно-управленческие проблемы в горном бизнесе, финансовые и экономические инструменты в компаниях минерально-сырьевого комплекса, институциональные механизмы в недропользовании, международное сотрудничество в энергетической и минерально-сырьевой сферах, современные инженерно-технические решения, обеспечивающие эффективность деятельности горных компаний.

В первом разделе представлены доклады секции 1 «Развитие минерально-сырьевых компаний в условиях макроэкономических и институциональных изменений». Во втором разделе – доклады секции 2 «Теоретические и практические вопросы современного менеджмента в компаниях минерально-сырьевого сектора». В третьем разделе – доклады секции 3 «Системы управления, информационные технологии и инженерно-технические решения в повышении эффективности недропользования».

Материалы конференции будут интересны преподавателям, научным сотрудникам, представителям бизнеса, занимающимся проблемами развития минерально-сырьевого комплекса и эффективного недропользования, а также аспирантам.

In the collection of research papers articles of participants of the International scientific conference «Economic problems and mechanisms of mineral resources sector development (Russian and international experience)», which was held at the Mining University on December 2-3, 2015, are presented. Conference was dated to the 50th anniversary of economic faculty of the Mining University.

In the published papers technical, economic and management issues in the mining business, financial and economic instruments in the companies of mineral resources sector, the institutional mechanisms in subsurface resources management, international cooperation in the energy and mineral resources sector, modern engineering solutions, ensuring effectiveness of mining companies activities, are considered.

The first part presents the papers of the section 1 «Development of the mineral resources companies in the context of macroeconomic and institutional changes». The second part presents the papers of the section 2 «Theoretical and practical issues of modern management in companies of mineral resources sector». In the third part - papers of the section 3 «Control systems, information technologies and engineering solutions in efficiency increasing of subsurface resources management».

The conference proceedings will be interesting to lecturers, researchers, business representatives involved in the development of mineral resources sector and effective subsurface resources management and also to postgraduate students.

Редакционная коллегия: проф. *Н.В.Пашкевич* (председатель), проф. *И.Б.Сергеев*, проф. *А.Е.Череповицын*, проф. *Т.В.Пономаренко*

В.П. Зубов, профессор
А.В. Васильев, доцент
Ву Тхай Тьен Зунг, аспирант
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ОТРАБОТКИ МОЩНЫХ ПЛАСТОВ С ОБРУШЕНИЕМ И ВЫПУСКОМ УГЛЯ

Рассмотрены особенности технологии разработки мощных угольных пластов с обрушением и выпуском угля. Приведена методика расчета нагрузки на очистной забой при разработке мощных пластов с погашением подкровельной толщи. Выполнен анализ зависимостей изменения удельных участковых затрат от длины очистного забоя и длины выемочного столба. Отмечено, что эффективность выпуска может быть повышена при применении устройств поршневого типа.

V.P. Zubov, Professor
A.V. Vasilyev, Associate Professor
Wu Tkhay Tyen Zung, Postgraduate Student
National Mineral Resources University (Mining University), St. Petersburg

IMPROVING EFFICIENCY IN TECHNOLOGY OF EXTRACTING THICK COAL SEAMS WITH THE COLLAPSE AND RECOVERY OF COAL

Characteristics of the technological development of thick coal seams with the collapse and recovery of coal. The methodology for calculating the longwall face's load when development with the clearing off of roof coal layer. The dependence of change of the specific local costs on the longwall face's length and length of extraction pillar. It is noted that the efficiency of the recovery can be increased by applying a piston-type devices.

Мощные пласты в сложных горно-геологических условиях экономически выгодно разрабатывать с обрушением и выпуском угля. Сущность этой технологической схемы состоит в отработке подсечного слоя у почвы мощного пласта, разрушении подкровельной толщи и выпуске обрушенного угля в призабойное пространство подсечного слоя.

При выборе схемы выемки пласта существенное значение имеют его мощность, строение, постоянство элементов залегания, наличие и выдержанность породных прослоек, степень нарушенности, строение и устойчивость кровли, глубина ведения горных работ, угол падения пласта, производственный опыт.

В связи с незначительным удельным весом объемов добычи с использованием данной технологической схемы в общем объеме добычи угля из мощных пластов, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в указанной области проводятся эпизодически. Для адаптации технологии разработки пласта с обрушением и выпуском угля к конкретному месторождению и даже к конкретному участку месторождения как правило необходимо проведение исследований и разработка технических решений по следующим вопросам:

- разрушение подкровельной (межслоевой) толщи угля;
- выпуск угля в призабойное пространство подсечного слоя;
- отработка монтажного слоя и настилка гибкого перекрытия;
- взаимосвязка во времени и пространстве разнооперационных технологических процессов;
- технико-экономическое обоснование размеров выемочных полей, пригодных для разработки с обрушением и выпуском угля.

Слой угля, обрушаемый при выемке подсечного слоя, имеет вид самостоятельно обрушаемой угольной толщи или выполняет роль предохранительной пачки под толщей замагазинированного угля. Наиболее эффективно и качественно он может быть разрушен буровзрывными работами [2].

В общем случае в очистном забое выполняются следующие работы. Узкозахватным комбайном вынимается три-четыре полосы угля с передвижкой крепи и конвейера. Производится обрушение подкровельной толщи станками с принудительной подачей через окна, имеющиеся в перекрытиях механизированной крепи. После заряжания шпуров, взрывания и проветривания лавы производят выпуск угля на забойный конвейер. Рабочие, управляющие шиберными затворами при выпуске угля, находятся под секцией крепи, расположенной со стороны, противоположной направлению движения скребковой цепи конвейера.

Пооперационная модель очистных работ позволяет предложить методику расчета нагрузки на очистной забой, необходимую для оценки эффективности технологической схемы разработки мощного пласта с погашением подкровельной толщи.

Суточная нагрузка на очистной забой

$$A_c = \frac{n_{\text{л}} T_{\text{л}} n_{\text{э}} r \gamma (m_{\text{э}} \tilde{n}_{\text{э}} + m_{\text{а}} c_{\text{а}})}{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5},$$

где $n_{\text{л}}$ – число лент, вынимаемых комбайном на шаг выпуска угля; $m_{\text{к}}$, $m_{\text{в}}$ – мощность комбайнового слоя и слоя пласта, подлежащего выпуску (в метрах) при соответствующих коэффициентах извлечения угля $c_{\text{к}}$ и $c_{\text{в}}$; T_1 – продолжительность выемки угля комбайном на шаг выпуска, мин, $T_1 = m_{\text{к}} \cdot \gamma \cdot c_{\text{к}} \cdot k_{\text{т}} / (q \cdot k_{\text{м}})$; q и $k_{\text{м}}$ определяются по методике ИГД им. А.А.Скочинского; T_2 – затраты времени на выпуск угля, мин, $T_2 = m_{\text{в}} \cdot \gamma \cdot c_{\text{в}} \cdot k_{\text{т}} \cdot n_{\text{л}} / (q_{\text{в}} \cdot k_{\text{мв}})$, $k_{\text{мв}}$ – коэффициент машинного времени при выпуске угля, определяется так же как и $k_{\text{м}}$; T_3 – затраты времени на бурение шпуров в подкровельной толще пласта, мин, $T_3 = n_{\text{р}} \cdot l_{\text{ш}} \cdot 300 / (b \cdot n_{\text{б}} \cdot H_{\text{б}} \cdot k_{\text{н}})$, $n_{\text{р}}$ – число рядов шпуров на цикл; $l_{\text{ш}}$ – длина шпуров, м, b – расстояние между шпурами по длине лавы, м, $n_{\text{б}}$ – число бурильных станков в лаве, $H_{\text{б}}$ – сменная норма выработки на один бурильный станок, м/смену, $k_{\text{н}}$ – коэффициент перевыполнения нормы выработки по бурению шпуров; T_4 – затраты времени на заряжание шпуров, $T_4 = n_{\text{р}} \cdot t_{\text{зар}} / (b \cdot n_{\text{зар}})$, $t_{\text{зар}}$ – время заряжания одного шпура одним рабочим ($t_{\text{зар}} = 2 + 5$ мин), $n_{\text{зар}}$ – число рабочих, занятых на зарядании шпуров; T_5 – продолжительность проветривания лавы после взрывных работ, $T_5 = n_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}} / l$, $n_{\text{пр}}$ – число циклов по бурению, заряданию и проветриванию на цикл работы лавы, $t_{\text{пр}}$ – продолжительность проветривания лавы после взрывных работ.

Предлагаемая методика позволяет выполнить сравнительный анализ технологических схем отработки погашаемых целиков угля и ограниченных по размерам частей шахтного поля.

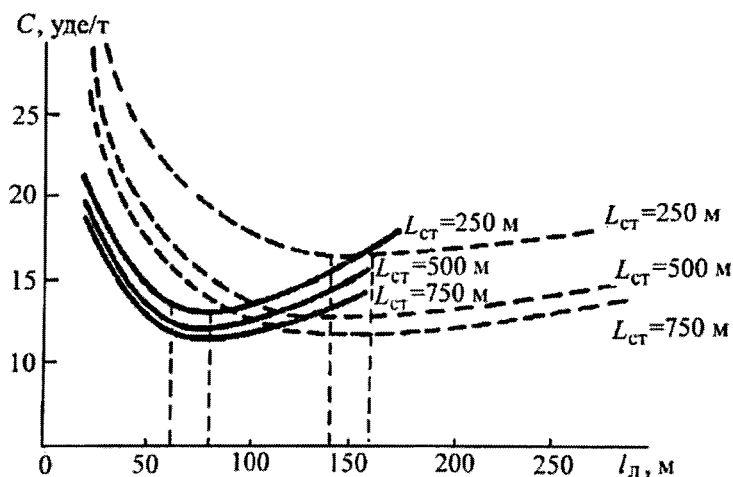


Рис. 1. Зависимость изменения удельных участковых затрат от длины очистного забоя ($l_{\text{л}}$) при различной длине выемочного столба ($L_{\text{ст}}$) при отработке пологого пласта мощностью 9 м с обрушением и выпуском угля (сплошные линии) и при слоевой отработке пласта (пунктирные линии) соответственно

На рисунке 1 приведены результаты расчета удельных участковых затрат при отработке пологого пласта мощностью 9 м с обрушением и выпуском угля и при слоевой отработке пласта.

Как следует из представленного графика при длине лавы (ширине обрабатываемого участка, ширине целика) менее 85–110 м и длине выемочных столбов до 750 м отработку пласта по экономическим критериям целесообразно производить с использованием технологий с обрушением и выпуском угля. При этом оптимальная длина лавы составляет около 60–75 м.

При длине лавы более 85–110 м и длине выемочных столбов до 750 м меньшие удельные участковые затраты достигается при использовании систем разработки наклонными слоями.

С уменьшением длины столба область использования технологий с обрушением и выпуском угля возрастает. Так при длине столба 750 м экономически целесообразно использовать технологию с обрушением и выпуском угля при длине лав менее 100–110 м. С уменьшением длины столба до 250 м длина лав возрастает до 150–160 м.

Технология с обрушением и выпуском угля является менее «чувствительной» к уменьшению длины столба. Так при использовании данной технологии с оптимальными значениями длины лавы (60–75 м.) уменьшение длины столба от 750 до 250 м. приводит к увеличению удельных участковых затрат на 14–16%. При использовании технологий на базе системы разработки наклонными слоями при уменьшении длины столба в указанном диапазоне удельные участковые затраты возрастают на 30% и более. Данное обстоятельство следует учитывать при проектировании отработки участков шахтных полей, осложненных дизъюнктивными геологическими нарушениями с расстоянием между нарушениями менее 650–750 м. В таких условиях использовании технологии с обрушением и выпуском угля позволяет вести отработку пласта с меньшими удельными участковыми затратами и меньшими рисками невыполнения плановых заданий.

Различают два основных варианта технологии выпуска подкровельной (межслоевой) толщи угля [5, 6]:

- на забойный конвейер подсечного слоя лавы;
- на завальный скребковый конвейер, расположенный в части призабойного пространства лавы подсечного слоя, прилегающей к выработанному пространству.

Первый из указанных вариантов реализован, в частности, в механизированных комплексах КНК70, КНКМ, КТУ (Россия), VHP-731 (Венгрия). Второй – в механизированных комплексах KM138B, KM81B, KM130B (Россия), BUCYRUS (США), ZFS (Китай) и других.

Существенным недостатком технологии с выпуском на забойный конвейер через выпускные люки в перекрытиях секций крепи является то, что при ее использовании из-за малого расстояния от забоя лавы до выпускного люка не обеспечивается разрушение подкровельной толщи горным давлением и крепью, необходимое для самообрушения угля. Поэтому обычно, даже при отработке пластов с коэффициентом крепости по шкале М.М.Протодяконова до 1,2–1,5, возникает необходимость в дополнительном разрыхлении угля. При этом используют в основном буровзрывные работы.

При выпуске на завальный скребковый конвейер создаются более благоприятные условия для разрушения угля подкровельной толщи перед его выпуском горным давлением и крепью. Однако при этом происходит усложнение конструкции крепи: значительно увеличивается длина секции крепи и используется дополнительный завальный конвейер.

Общим недостатком рассмотренных технологии является трудность обеспечения регулируемого выпуска угля на забойный или завальный конвейеры, что делает трудноосуществимым «площадный» выпуск угля по длине лавы и, следовательно, ограничивает возможности по увеличению среднесуточной нагрузки на забой.

При использовании технологий отработки мощных угольных пластов с обрушением и выпуском угля в условиях, когда не требуются буровзрывные работы, высокая эффективность очистных работ достигается при применении механизированных крепей поддерживающего типа. В лаве используют два конвейера – забойный и завальный. На завальный осуществляют выпуск угля. При указанном типе крепи, характеризующемся большой шириной призабойного пространства, уголь над лавой дополнительно разрушается естественным образом за счет опорного горного давления и просадок крепи [4]. При этом межсекционные зазоры обычно перекрывают сеткой, заводимой на перекрытия крепи во время передвижки секций. негабаритные куски выпускаемого угля разрушают отбойными молотками через ячейки сетки [1].

При разработке мощных пластов с принудительным обрушением выпуск угля является технологическим процессом, который определяет эффективность всей указанной технологической схемы.

На практике реализуется обычно так называемый свободный выпуск, когда движение угля подчиняется законам выпуска сыпучих материалов в пределах зоны потока с образованием воронки выпуска, что ведет к частым зависаниям угля над люками. Производительность выпуска при этом зависит от квалификации рабочих и обычно не превышает 200 т/ч с низкой вероятностью стабильности этого показателя.

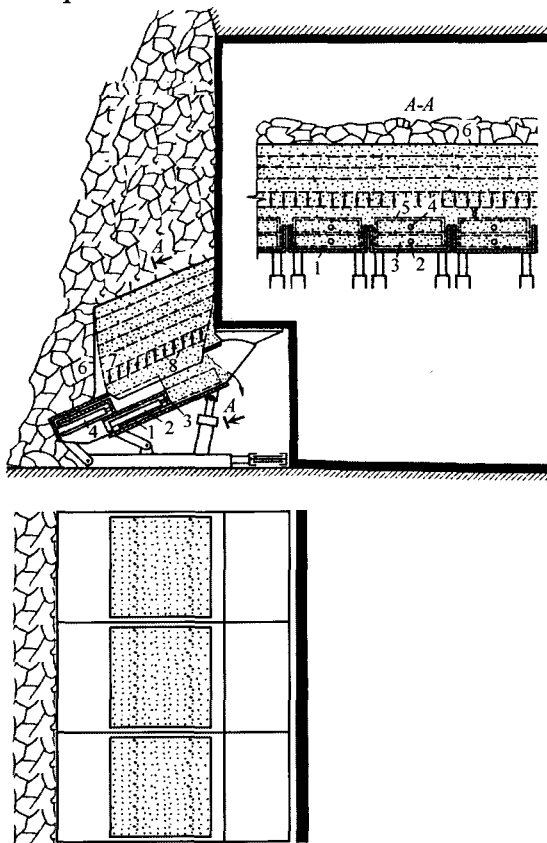


Рис. 2. Схема поршневого выпуска угля: 1 – короб; 2 и 4 – гидродомкраты; 3 и 5 – нижний и верхний поршни; 6 – блок угля, подлежащий выпуску; 7 – зона потока; 8 – эпюра скоростей

Повысить экономическую эффективность технологий с выпуском угля и расширить область их рационального использования можно при введении в конструкцию секции крепи специальных устройств (питателей), позволяющих одновременно управляемо выпускать уголь из подкровельной толщи по всей длине лавы. Это позволяет полностью механизировать процесс выпуска угля, повысить объемы добычи, уменьшить пылеобразование, повысить безопасность очистных работ, снизить зольность добываемого угля, исключить зависимость показателей выпуска от умения и квалификации рабочих.

При использовании технологий обработки мощных угольных пластов с обрушением и выпуском угля в условиях, когда не требуются буровзрывные работы, высокая эффективность очистных работ достигается при применении механизированных крепей поддерживающего типа. В лаве используют два конвейера – забойный и завальный. На завальный осуществляют выпуск угля. При указанном типе крепи, характеризующемся большой шириной призабойного пространства, уголь над лавой дополнительно разрушается естественным образом за счет опорного горного давления и просадок крепи [4]. При этом межсекционные зазоры обычно перекрывают сеткой, заводимой на перекрытия крепи во время передвижки секций. негабаритные куски выпускаемого угля разрушают отбойными молотками через ячейки сетки [1].

При разработке мощных пластов с принудительным обрушением выпуск угля является технологическим процессом, который определяет эффективность всей указанной технологической схемы.

На практике реализуется обычно так называемый свободный выпуск, когда движение угля подчиняется законам выпуска сыпучих материалов в пределах зоны потока с образованием воронки выпуска, что ведет к частым зависаниям угля над люками. Производительность выпуска при этом зависит от квалификации рабочих и обычно не превышает 200 т/ч с низкой вероятностью стабильности этого показателя.

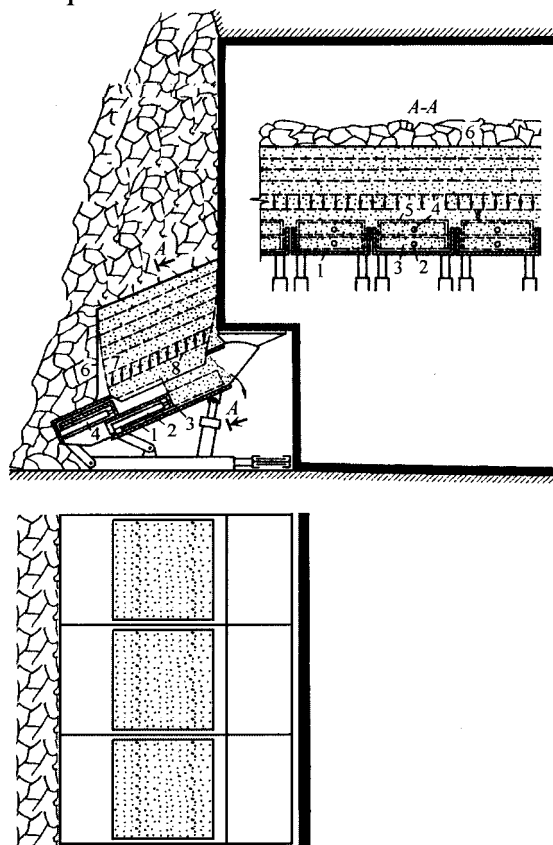


Рис. 2. Схема поршневого выпуска угля: 1 – короб; 2 и 4 – гидродомкраты; 3 и 5 – нижний и верхний поршни; 6 – блок угля, подлежащий выпуску; 7 – зона потока; 8 – эпюра скоростей

Повысить экономическую эффективность технологий с выпуском угля и расширить область их рационального использования можно при введении в конструкцию секции крепи специальных устройств (питателей), позволяющих одновременно управляемо выпускать уголь из подкровельной толщи по всей длине лавы. Это позволяет полностью механизировать процесс выпуска угля, повысить объемы добычи, уменьшить пылеобразование, повысить безопасность очистных работ, снизить зольность добываемого угля, исключить зависимость показателей выпуска от умения и квалификации рабочих.

Попытки реализации этой идеи при принудительном выпуске угля на забойный конвейер предпринимались в Национальном минерально-сырьевом университете «Горный» (быв. Ленинградском горном институте) под руководством профессора кафедры РМПИ Махно Е.Я. разработаны механизированные крепи с устройствами поршневого типа, принципиальные схемы которых представлены на рис. 2, 3 [7, 8].

Устройство поршневого типа, монтируемое в оградительном перекрытии механизированной крепи, представляет собой короб, перекрывающий снизу выпускное отверстие, и телескопический, ступенчатый или ступенчато-составной поршень с приводом, например, гидродомкратом (рис. 3).

Выпуск угля осуществляется следующим образом. Обрушенный уголь из подкровельной толщи поступает через выпускное отверстие в короб. Поршень приводится в поступательно-возвратное движение и выталкивает на забойный конвейер порции угля с одновременным дроблением негабаритных кусков. Разрушенный уголь поступает через выпускное отверстие в короб слоями, по высоте равными высоте поршня. Этим исключается образование воронки выпуска, что способствует наиболее полному извлечению угля.

Производительность поршневого выпуска угля

$$q_v = (h+0,07) \cdot b \cdot \gamma_n \cdot Q \cdot P_d \cdot n \cdot 2 \cdot 10^{-4},$$

где h и b – высота поршней и ширина короба выпускного устройства, м; γ_n – плотность угля в насыпе, т/м³; Q – производительность насосной установки, л/мин; P_d – рабочее давление в гидросистеме, МПа; n – число насосных станций, параллельно работающих на магистраль.

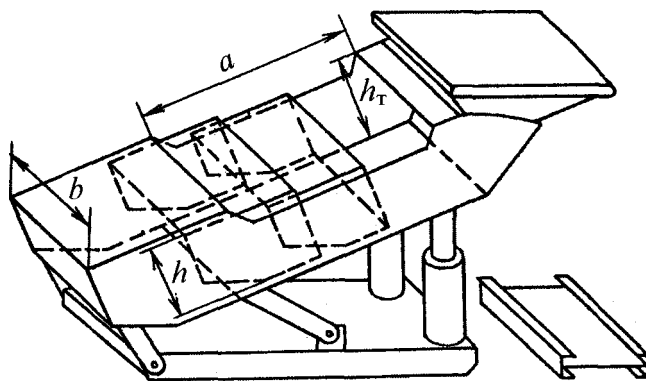


Рис. 3. Общий вид секции механизированной крепи с выпускным устройством поршневого типа: a – длина выпускного отверстия; b – ширина короба выпускного устройства; h – высота поршня; h_t – высота торцевого отверстия короба

Литература

1. Васильев А.В., Зубов В.П., Синопальников К.Г. Задачник по подземной разработке пластовых месторождений полезных ископаемых. – СПб-Москва, 2012.
2. Громов Ю.В., Бычков Ю.Н., Кругликов В.П. Управление горным давлением при разработке мощных пологих пластов угля. – М.: Недра, 1985.
3. Климчук И.В., Маланченко В.М., Ермаков А.Ю., Биктимиров И.С. Применение полимерных смол на шахтах Кузбасса // Горная промышленность. – 2009. – № 2.
4. Новосельцев С.А. Геомеханическое обоснование технологических решений по управляемому выпуску угля подкровельной толщи мощных пологих пластов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Москва, 2013.
5. Клишин В.И., Николаев А.В., Егоров А.П., Фрянов В.Н. Перспективные технические решения отработки мощных пологих угольных пластов с выпуском // Уголь. – 2011. – № 12.
6. Bruce K. Hebblewhite. International practice in high performance underground thick coal seam extraction and related ground control challenges – 32nd International Conference on Ground Control in Mining.
7. Махно Е.Я. Патент RU № 500353 РФ. Оpubл. 25.01.1976. Устройство для выпуска угля в очистном забое.
8. Махно Е.Я., Васильев А.В. Совершенствование разработки мощных пластов с принудительным обрушением и выпуском угля. В сб.: "Подземная разработка мощных угольных пластов", №4. Кемерово, 1976.