

Константин Ф.САПИЦКИЙ, И.В. АНТИПОВ
Донецкий государственный технический университет, Украина

СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ ДЛЯ ТОНКИХ ПЛАСТОВ

Резюме. В работе даётся анализ использования угольных ресурсов в тонких пластах. Показываются причины по которым объём разработки угля в тонких пластах, мощностью меньше 1м, является ограниченным, а также представляются типы механизированных крепей, которые могут применяться в тонких пластах. В заключение представляется конструкция крепи с неконвенциональной системой движения подачи, которая должна облегчить процесс разработки угля в тонких пластах и сделать эту разработку рентабельной.

STAN AKTUALNY ORAZ PERSPEKTYWY ROZWOJU KONSTRUKCJI ZMECHANIZOWANYCH OBUDÓW ŚCIANOWYCH DLA POKŁADÓW O MAŁEJ MIĄSZOŚCI

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę wykorzystania zasobów węgla z pokładów o małej miąższości. Wykazano przyczyny, dla których ograniczony jest zakres eksploatacji węgla w pokładach cienkich o miąższości poniżej 1,0 m, oraz przedstawiono typy obudów zmechanizowanych, które mogą być stosowane w pokładach cienkich. W zakończeniu przedstawiono konstrukcję obudowy o niekonwencjonalnym systemie posuwu, która powinna ułatwić proces wydobywania węgla z pokładów cienkich i uczynić jego wydobycie opłacalnym.

THE PRESENT STATE AND THE PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF MECHANISED WALL LINING CONSTRUCTIONS FOR SMALL SEAM THICKNESS

Summary. The paper presents an analysis of the utilisation of coal resources from beds of small seam thickness. The reasons for limitations of coal exploitation from beds of small seam thickness (below 1.0 m) have been presented. The paper also presents the types of mechanised linings which can be used in beds of small seam thickness. The conclusion deals with the construction of the lining which should facilitate the process of coal exploitation from beds of small seam thickness and make it profitable.

Анализ результатов работы угольной промышленности Украины за последние годы показал, что имеется существенный дисбаланс между долевым участием в разработке маломощных пластов и их удельным весом в промышленных запасах угля. Диспропорция между объемом добычи угля из тонких пластов и имеющимися запасами является результатом отставания в развитии техники и технологий ведения очистных работ в сложных горно-геологических условиях.

На действующих шахтах в пластах мощностью менее 0,8 м сосредоточено около 34% промышленных запасов. Пласты, имеющие такую мощность, находятся за пределами области применения механизированных комплексов. Тем не менее для отработки маломощных пластов средства комплексной механизации используются, но в этом случае возникает необходимость присечки вмещающих пород. Уровень комплексной механизации достиг к настоящему времени 70%, но на тонких пологих пластах он составляет лишь 20%. Причем 43% комплексов на таких пластах работают с присечкой вмещающих пород, что приводит к увеличению зольности добываемой горной массы в 3...5 раз по сравнению с пластовой зольностью угля, значительным затратам на обогащение, росту объемов извлекаемой из шахт и складированной на поверхности породы. Сложившееся положение в значительной мере обусловлено недостатками существующих средств

крепления очистных забоев и комплексно-механизированных технологий отработки тонких пластов.

Механизированные крепи изготавливаются в Великобритании, Германии, Китае, Польше, России, Украине, Чехословакии и других странах. Основными разработчиками крепей для тонких пластов являются фирмы Gullick Dobson (Великобритания), Hemscheidt, Klöckner, Westfalia Lünen (Германия), Glinik (Польша), институты Гипроуглемаш, ИГД им. А.А.Скочинского (Россия), Донгнпроуглемаш, Донуги (Украина) и другие.

Для отработки пластов мощностью менее 1,0 м выпускаются 13 типов механизированных крепей, которые по конструктивным особенностям делятся на 5 групп. Основные параметры и конструкции этих крепей представлены в таблице.

Рабочее сопротивление крепей изменяется от 320 кН/м–2 (МК98, Гипроуглемаш) до 590 кН/м–2 (G300-5/15, Hemscheidt), масса секций при этом составляет от 2300 кг до 7600 кг. Причем, в подавляющем большинстве крепей масса секции прямо пропорциональна рабочему сопротивлению.

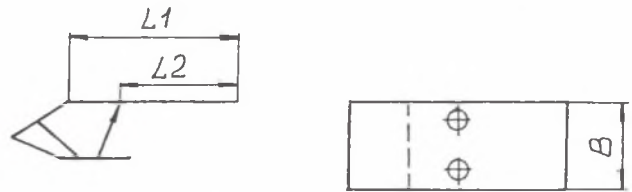
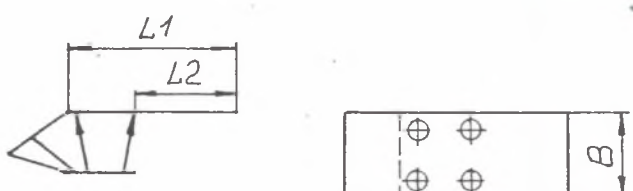
Ряд исследователей [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 и др.] отмечают тенденцию к необоснованному завышению рабочего сопротивления существующих и создаваемых механизированных крепей. Это приводит к увеличению массы секций и, следовательно, к повышению стоимости крепи. Соотношение металлоемкости и стоимости между элементами оборудования современных механизированных комплексов характеризуется следующими показателями:

	металлоемкость: 100%	стоимость: 100%
комбайн	3%	7%
конвейер	7%	5%
механизированная крепь	90%	88%

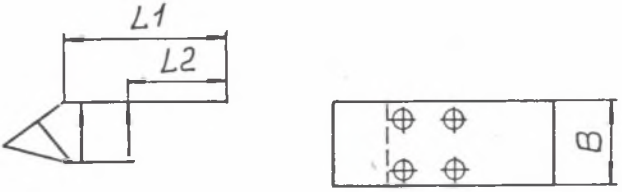
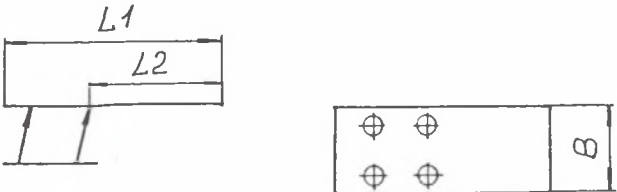
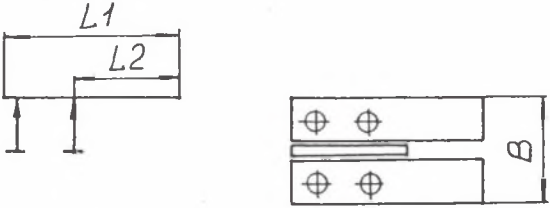
Авторы работ [1, 3, 4] считают, что для крепей работающих на тонких пластах наиболее рациональным является сопротивление 250...350 кН/м–2. Кроме этого отмечается, что фактическое рабочее сопротивление крепей в

Таблица

ПАРАМЕТРЫ И КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ
ДЛЯ ПЛАСТОВ МОЩНОСТЬЮ МЕНЕЕ 1,0 М

Разработчик, изготовитель (фирма)	Тип крепи	Высота секции, м		Конструктивные размеры, м			Соп- ро- тив- ле- ние, кН/м	Масса сек- ции, т
		min	max	L1	L2	B		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Поддерживающе-оградительные 2-х стоечные шитовые крепи								
								
Гипроуглемаш	M137	0.56	1.22	4.08	3.20	1.44	400	7.5
Westfalia Lunen	WS 1.7	0.50	1.50	2.35	1.55	1.45	366	6.8
Hemscheidt	KG240-6/17	0.60	1.70	2.80	1.85	1.45	540	7.2
Hemscheidt	G300-5/15	0.50	1.50	2.60	1.70	1.45	590	7.6
Klockner	HO. 48-1.35	0.48	1.35	2.70	1.95	1.45	500	7.0
Glinik	055/15-OzS	0.55	1.50	2.86	1.90	1.40	400	6.4
2. Поддерживающе-оградительные 4-х стоечные шитовые крепи								
								
Донгипроуглемаш	Донбасс-80	0.56	1.04	3.82	2.40	1.30	480	6.1
Gullik Dobson	4/300	0.60	1.35	4.04	2.11	1.20	470	6.3
Gullik Dobson	4/340	0.60	1.35	4.04	2.11	1.20	520	7.1
Glinik	066/16-OzK	0.66	1.20	3.20	2.20	1.40	500	6.9

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<p>3. Поддерживающе-оградительная 4-х стоечная шитовая крепь</p> 								
Gullick Dobson	2/200	0.62	1.44	4.50	2.17	1.45	365	6.0
<p>4. Поддерживающая 4-х стоечная шитовая крепь</p> 								
Гипроуглемаш	М103	0.50	0.90	4.40	2.30	1.13	500	3.3
<p>5. Комплектная 4-х стоечная крепь</p> 								
Гипроуглемаш	МК98	0.56	1.08	3.46	1.85	1.40	320	2.3

действующих лавах составляет около 80% номинальных рабочих характеристик, что подтверждается исследованиями Донуги [10].

Неудовлетворительная работа механизированных крепей, особенно при неустойчивых породах кровли, обуславливается следующими причинами:

- завышенное сопротивление крепи (более 350 кН/м–2) приводит к раздавливанию нижних слоев кровли и вывалам породы в межсекционном пространстве;

- высокая инертность гидравлических крепей при передвижке ведет к запаздыванию крепления и значительным по площади и продолжительности обнажениям пород в призабойном пространстве;

- образование породной подушки на перекрытии приводит к удалению точки первого контакта верхняка с кровлей на расстояние 0,5...0,8 м от груди забоя лавы; кроме того, из-за пластической деформации породной мелочи на перекрытии изменяются в худшую сторону фактические рабочие характеристики крепи по сравнению с номинальными;

- передвижка секций крепи осуществляется с полной разгрузкой, или частичной, но с потерей более 90% рабочего сопротивления, если крепь передвигается с подпором, как М137, Донбасс-80, ІМК103 и другие; поэтому возникает эффект "топтанья кровли", сопровождаемый потерей сплошности нижнего слоя кровли и вывалами породы в призабойном пространстве.

Идея создания безразгрузочной крепи принадлежит профессору Савенко Ю.Ф. [9]. Такая крепь была изготовлена на базе серийно выпускаемой механизированной крепи и в течение четырех месяцев проходила шахтные испытания. На перекрытии секции была смонтирована гусеничная лента из легированной стали толщиной 0,5 мм, которая обеспечила возможность передвижки секции без снятия распора. Стоимость переоборудования секции составила 10% стоимости серийного образца, масса при этом увеличилась на 10% и высота секции - на 84 мм. Через 280 м подвигания забоя лавы эксперимент пришлось прекратить из-за частых заклиниваний гусеничной ленты вследствие проникновения породной мелочи под ее рабочую ветвь.

Ни в одной из существующих механизированных крепей не регулируются основные параметры, прежде всего - рабочее сопротивление, оказывающее наибольшее влияние на состояние кровли.

С учетом этого **ДОНУГИ** был предложен новый подход к созданию механизированных крепей [10], заключающийся в использовании модульного принципа построения секций. Это позволило применять унифицированные силовые элементы, изменять рабочее сопротивление от 200 кН/м-2 до 600 кН/м-2 и его распределение по призабойному пространству.

В 1987 году был изготовлен и прошел стендовые испытания экспериментальный образец механизированной крепи модульного типа. Основные технические характеристики модульной крепи следующие: вынимаемая мощность пласта 0,7...1,2 м, удельное рабочее сопротивление 300 кН/м-2, вес самого тяжелого модуля 600 кг при габаритных размерах 0,45*1,1*0,37 м. Во время стендовых экспериментов среднее время передвигки секций с подпором 10...15 кН/м-2 на шаг 0,8 м составляло 18 с, что обеспечивает скорость крепления лавы 5 м/мин.

Стендовые испытания выявили ряд конструктивных недостатков новой крепи: зажатие рукавов высокого давления при перемещении секций, выход из строя гидродомкратов передвигки крепи, при передвигке основание секции цеплялось за неровности почвы. Перечисленные недостатки не отразились на положительных результатах стендовых экспериментов, поэтому было принято решение о проведении шахтных испытаний модульной крепи. Данное направление разработки новых средств крепления для тонких пластов представляется наиболее перспективным.

Вместе с тем, анализируя существующие и создаваемые гидравлические механизированные крепи, можно отметить следующие общие недостатки: многоэлементность и громоздкость конструкций, высокая инертность при передвигке, недостаточно высокая надежность функционирования для выполнения процесса крепления без присутствия людей в лаве.

Эти недостатки обусловлены использованием жидкости в качестве энергоносителя. Гидравлическая система механизированной крепи включает в себя множество элементов контрольно-регулирующей гидроаппаратуры и гидрокоммуникаций. Известно, что надежность функционирования системы обратно пропорциональна количеству входящих в ее состав элементов, поэтому гидравлические крепи не обладают достаточно высокой надежностью.

С другой стороны, гидравлические системы весьма инертны, поэтому передвижка секций крепи занимает продолжительное время и сдерживает работу выемочного механизма. Технологии, использующие гидравлические механизированные крепи, характеризуются многооперационностью процесса крепления: снятие нагрузки с гидростоек, включение гидродомкратов и передвижка секции к забою, раздвижка стоек и придание секции начального распора.

Очевидно, что поиск перспективных технических решений должен ориентироваться не только на модернизацию существующих гидравлических крепей, но и на создание принципиально новых средств крепления очистных забоев [11].

Донецким государственным техническим университетом предложена распорно-перемещаемая модульная крепь (РПМ) не предусматривающая использование жидкости в качестве проводника энергии [12]. Механизм ее передвижки основан на принципе мгновенного перехода потенциальной энергии упругих элементов, создающих распор модуля между кровлей и плочвой, в кинетическую энергию движения секции к забою.

Секция крепи РПМ (рис. 1) состоит из перекрытия 1 и основания 2 с направляющими 3. Между перекрытием и основанием находится распорный модуль 4, связанный с ними подвижно. Модуль состоит из верхней и нижней станин, между которыми располагаются упругие элементы 5. Механизм передвижки модуля включает в себя наклонные плоскости 6, выполненные в верхней и нижней станинах, рычаги 7, каждый из которых одним концом

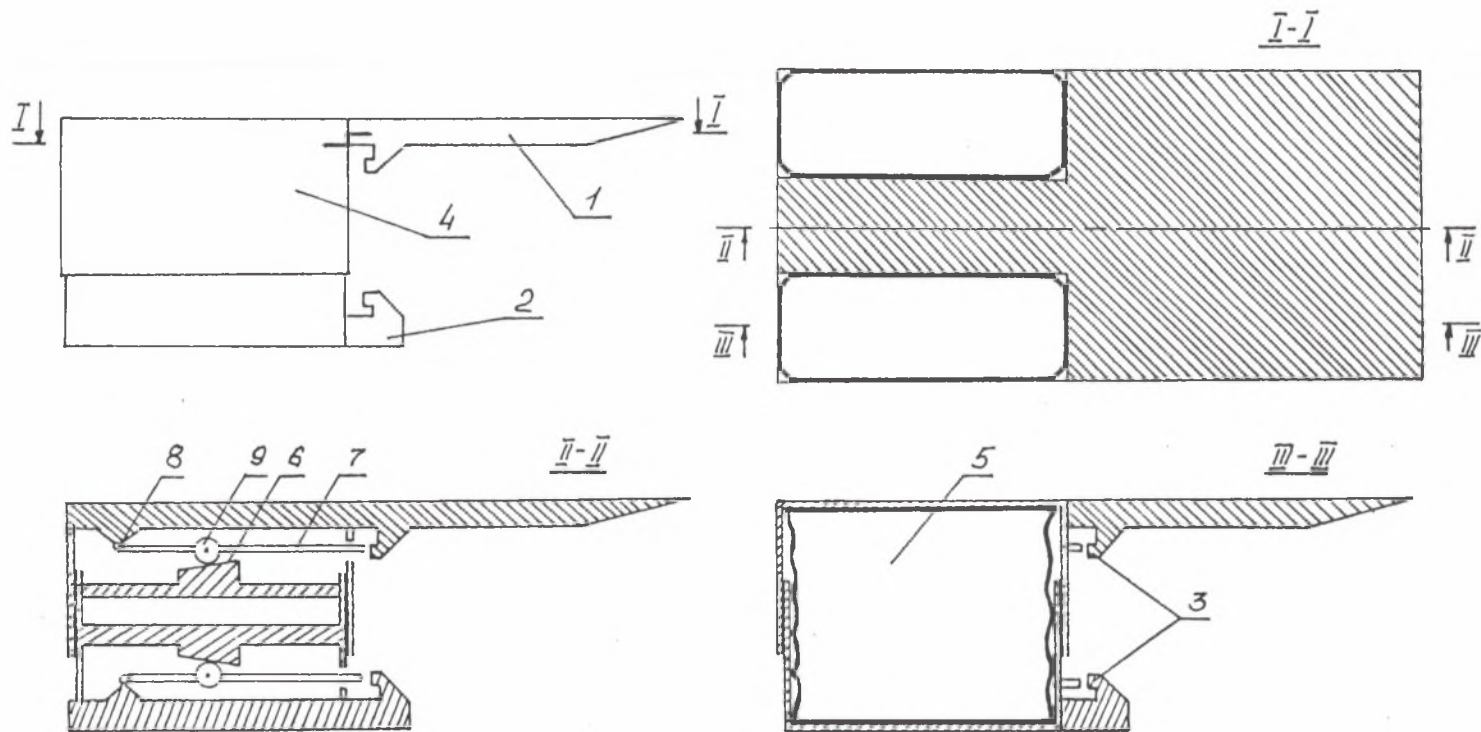


Рис. 1. Конструкция распорно-перемешаемой модульной крепи (РПМ)

закреплен к перекрытию и основанию при помощи шарниров 8. На рычагах закреплены подшипники 9, контактирующие с наклонными плоскостями.

Принцип действия механизма передвижки состоит в следующем (рис. 2). К свободным концам рычагов прикладываются усилия F . Одновременно рычаги, посредством подшипников, воздействуют на наклонные плоскости с усилием P . Причем, вертикальные составляющие $P\cos\varphi$ направлены на сжатие распорных элементов, а горизонтальные $P\sin\varphi$ - в сторону забоя лавы. Передвижке крепи препятствуют силы трения о кровлю и почву T , обусловленные распором упругих элементов, причем $T \sim R$.

По мере возрастания усилий F увеличиваются вертикальные составляющие $P\cos\varphi$, сжимающие распорные элементы и снижающие тем самым сопротивление движению T . Одновременно возрастают и горизонтальные составляющие $P\sin\varphi$, стремящиеся передвинуть секцию к забою.

В тот момент, когда движущие усилия $P\sin\varphi$ превысят силы сопротивления движению T ($P\sin\varphi > T$), секция без потери контакта с кровлей и почвой перемещается в сторону забоя лавы.

Основными силовыми параметрами крепи РПМ являются: удельное сопротивление R и сила F , прикладываемая к рычагам для перемежения модуля. Между этими величинами установлена следующая зависимость:

$$F = R\mu \operatorname{ctg}\varphi / (1 + L_1/L_2),$$

где μ - коэффициент трения металла о породу ($\mu = 0,15 \dots 0,4$), φ - угол наклона плоскости, $L_1 + L_2$ - длина рычага.

Расчеты показали, что для передвижки крепи конструкции РПМ с удельным сопротивлением 300 кН/м-2 необходимо приложить к концам рычагов усилие 25 кН. В этом случае при движении крепь будет создавать усилие 60 кН.

В отличие от гидравлических крепей, работающих в режиме постоянного сопротивления стоек и ступенчатой податливости, крепь РПМ реализует принципы плавно нарастающего сопротивления и безступенчатой

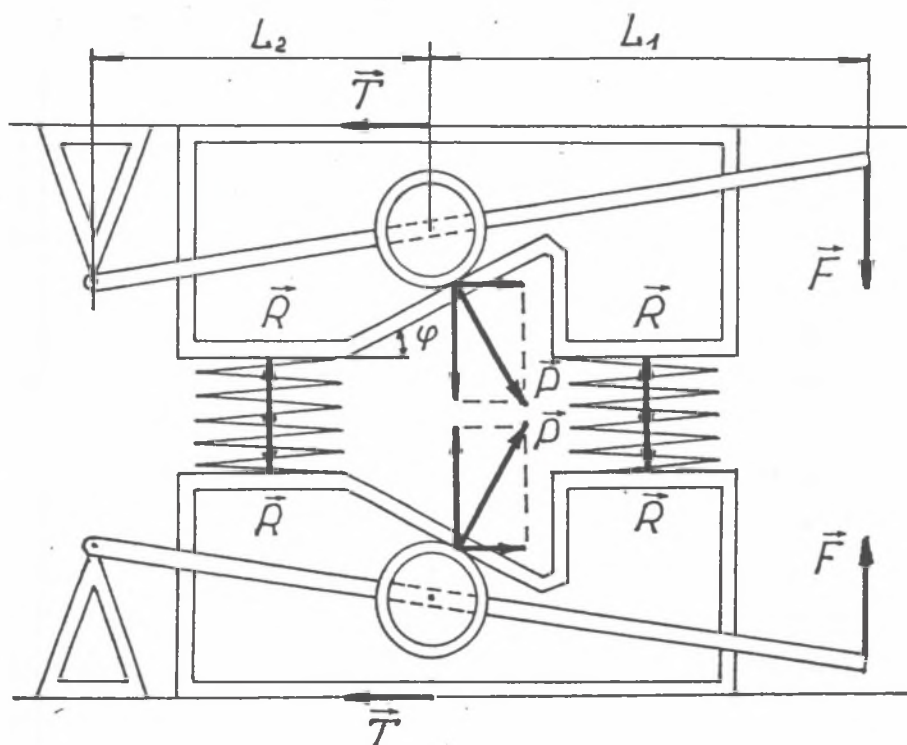


Рис. 2. Принцип действия механизма
передвижки крели РМ

податливости. Сопротивление крепи при этом увеличивается прямо пропорционально величине конвергенции вмещающих пород, то есть система "крепь-боковые породы" все время находится в равновесии. Очевидно, что принципы взаимодействия крепи РПМ с вмещающими породами благоприятнее для сохранения устойчивости кровли в призабойном пространстве.

У механизированных гидравлических крепей насосная станция (источник энергии) располагается на штреке, а крепь РПМ имеет внутренний источник энергии - упругие элементы. При этом отпадает необходимость в посреднике - жидкости - для передачи энергии от источника к потребителю, то есть исключается многоэлементная, инертная и малонадежная гидравлическая система.

Для проведения лабораторных испытаний была изготовлена секция крепи РПМ в натуральную величину [13]. Масса секции составила 350 кг. В качестве упругих элементов использовались пневмобаллоны с резинокордовой оболочкой. Испытания проводились на стенде, имитирующем участок лавы по пологом пласте мощностью 0,6 м.

Эксперименты по перемещению секции крепи РПМ позволили установить следующую закономерность. С увеличением пригрузки на крепь уменьшается усилие прикладываемое к концам рычагов для приведения в действие механизма передвижки и перемещения секции крепи. То есть, конструкция крепи РПМ реализует принцип использования конвергенции вмещающих пород (горного давления) в процессе выемки полезного ископаемого.

Результаты проведения лабораторных экспериментов подтвердили работоспособность и высокое быстродействие механизма передвижки крепи РПМ, а также возможность перемещения секций с подпором без потери контакта с кровлей и почвой.

Одним из требований к механизированным крепям является сокращение количества операций в процессе крепления и управления кровлей. В отличие от традиционных гидравлических крепей для передвижки крепи РПМ требуется

выполнение только одной операции - приложение усилий к свободным концам рычагов. Крепь РПМ создает базу для разработки малооперационных технологий отработки тонких пологих пластов.

Механизм передвижки крепи РПМ отличается высоким быстродействием, что весьма важно при использовании струговых установок. Кроме того, как показали расчеты, модуль может выполнять функции прижимного устройства, постоянно подающего став конвейера на забой.

Эффективность и надежность новой крепи в достаточной степени можно оценить только в ходе стендовых и шахтных испытаний. Однако уже на этапе лабораторных экспериментов и инженерной проработки заложенных в конструкцию технических решений можно сделать следующие выводы [14]:

- механизм передвижки крепи РПМ отличается малоэлементностью и простотой конструкции, следовательно он может иметь более высокую надежность по сравнению с гидравлическими крепями;

- высокое быстродействие механизма передвижки обеспечивает мгновенное перекрытие кровли в призабойном пространстве лавы и не сдерживает работу выемочного механизма;

- секции крепи РПМ представляют собой обособленные модули не связанные между собой постоянным источником энергии, что предопределяет их высокую ремонтпригодность;

- отсутствием дорогостоящей гидроаппаратуры обуславливаются малые затраты на изготовление крепи РПМ, следовательно, более низкая себестоимость угля по сравнению с традиционными технологиями.

Все это говорит о необходимости дальнейших исследований в области создания нетрадиционных средств крепления очистных забоев на тонких пластах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Араунер Г.-В. Современное развитие механизированных забойных крепей // Глюкауф.-1984.-№3.-С.3-5.
- [2]. Крумнакер И. Нагрузка, конструкции и напряжения материала щитовой механизированной крепи // Глюкауф.-1993.-№3/4.-С.13-18.
- [3]. Лубоятский В. Тенденции развития гидравлических механизированных крепей с точки зрения изготовителей // Глюкауф.-1981.-№2.-С.14-18.
- [4]. Ретц Б.-В. Усовершенствование щитовой крепи в 80-х годах // Глюкауф.-1983.-№19.-С.9-15.
- [5]. Дудко В.А. Новые польские механизированные крепи // Уголь Украины.-1991.-№11.-С.58-59.
- [6]. Ирресбергер Г. Механизированные крепи на выставке "Майнинг-85" // Глюкауф.-1985.-№17.-С.12-17.
- [7]. Гайер У. Выставка оборудования и научно-техническая конференция по проблемам комплексно-механизированных лав состоявшиеся в США // Глюкауф.-1986.-№19.-С.3-7.
- [8]. Sprouls M.W. Longwall Census'86 // Coal Mining.-Februar 1986.-P.32-45.
- [9]. Савенко Ю.Ф., Степанов В.М., Потапов А.А. Испытания секции безразгрузочной крепи со скользящей лентой // Уголь Украины.-1982.-№3.-С.8-9.

[10]. Поль А.В. Новый подход к созданию механизированных крепей//Механизация процессов добычи угля из тонких пластов на шахтах Украины: Сб. научн. тр./Донуги.-Донецк,1984.-С.32-35.

[11]. Антипов И.В. Новые принципы крепления лав без присутствия людей// "Система "человек-машина-среда" в горном деле. Настоящее и будущее" .-М.,1990.-С.110-113.

[12]. А.с. 1566043, МКИ E21D 23/10 23/14. Секция механизированной крепи.

[13]. Антипов И.В., Теличко В.И., Азаматов Р.И. Лабораторные испытания распорно-шагающей модульной крепи//Сб.тез.докл.научн.-техн.конф.,ч.1.-Донецк/ДПИ,1991.-С.25-26.

[14]. Антипов И.В. Малооперационная технология обработки весьма тонких пластов//Теория и практика комплексного освоения месторождений полезных ископаемых и обогащения минерального сырья (2-я школа-семинар молодых ученых, Алма-Ата, 23-27 сентября 1991 г.).-М.,1992.-С.22-24.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Mirosław CHUDEK

Wpłynęło do Redakcji w kwietniu 1994 г.

Streszczenie

Analiza wykorzystania zasobów węgla kamiennego na Ukrainie wykazała, że w czynnych aktualnie kopalniach węgla w pokładach o miąższości do 0,8 m znajduje się około 34% zasobów bilansowych. Pokłady te ze względu na brak urządzeń mechanizacyjnych dla takich warunków, nie są eksploatowane, a jeśli prowadzona jest w nich eksploatacja, to wykonuje się dodatkowo przybierki stropu czy spagu, co podnosi koszty wydobywania i czyni eksploatację nieopłacalną.

W przemyśle światowym produkowane są kompleksy obudów zmechanizowanych dla pokładów o małej miąższości i aktualnie można wyróżnić 13 typów rozwiązań konstrukcyjnych, produkowanych w różnych krajach, takich jak: Wlk. Brytania, Niemcy, Chiny, Polska, Rosja, Ukraina i Czechy. Obudowy te posiadają podporność roboczą rzędu 320 kN/m² do 590 kN/m², a masa jednej sekcji obudowy wynosi od 2300 - 7600 kg.

Na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych stwierdzić należy, że praca wspomnianych kompleksów ścianowych jest niezadowalająca.

Do głównych przyczyn takiego stanu rzeczy zaliczyć należy:

- zbyt wysoką podporność obudowy, co powoduje niszczenie słabszych warstw stropu i jego opadanie w przestrzeniach międzysekcyjnych;
- dużą bezwładność hydraulicznego systemu zasilającego, powodującą opóźnienie momentu przesuwania obudowy i podparcia stropu;
- powstawanie w stropie warstwy skał zruszonych przesuwając punkt pierwszego podparcia stropu na odległość około 0,5-0,8 m od czoła ściany;
- konieczność przesuwania sekcji i zmniejszania ciśnienia medium w momencie przesuwu stwarza możliwość utraty ciągłości warstw stropowych i obwał w przestrzeni przyczołowej.

Z tych powodów obecnie przyjmuje się ideę konstrukcji obudowy takiej, by również w czasie przesuwu stropnica nie traciła kontaktu z warstwami stropu. Takie wymogi spełnia obudowa typu RPM skonstruowana w Uniwersytecie Donieckim, która pomyślnie przeszła próby laboratoryjne. Obudowa ta w postaci modularnej, wykorzystuje zasadę chwilowej zamiany energii potencjalnej elementów sprężystych rozciągających sekcję na energię kinetyczną przesuwającą sekcję do czoła ściany.