

УДК:622.272.6:622

С.Н. Гордеев, Е.В. Пугачев

**ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРЕПИ ПОДДЕРЖИВАЮЩЕ-ОГРАДИТЕЛЬНОГО ТИПА С ТРУДНООБРУШАЕМЫМИ ПОРОДАМИ КРОВЛИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПЛАСТОВ ЕРУНАКОВСКОГО РАЙОНА**

Анализ опыта отработки угольных пластов на шахтах Ерунаковского района показывает, что наиболее рациональными являются комплексы с крепями поддерживающе-оградительного типа, которые позволяют обеспечить эффективную отработку пластов с любыми кровлями по управляемости. Благодаря достаточно высокому сопротивлению крепи на 1м длины забоя значительно слабее проявляется отжим угля от забоя при отработке пластов мощностью от 3м до 5м. Наличие удлиненных передних консолей оснований обеспечивает устойчивое взаимодействие крепи со слабыми и нарушенными породами почвы. Существенным достоинством крепей поддерживающе-оградительного типа является предупреждение неуправляемого обрушения угля от забоя, этому способствует наличие податливой системы связи ограждения крепи с основанием, что позволяет в любой момент времени придвинуть вперед перекрытие без передвижки или додвижки секции крепи.

В условиях шахт Ерунаковского района из комплексов с поддерживающе-оградительными крепями применяются комплекс КМ-138/4, МКЮ-4У-18/43, КМ-144, ДБТ. Для подтверждения эффективности применения комплексов с крепями поддерживающе-оградительного типа для отработки пластов с трудноуправляемой кровлей, состоящей из устойчивой или средней устойчивости непосредственной кровлей и труднообрушаемой основной (шифр кровли по единой отраслевой классификации ВНИМИ 3.1.3 и 3.2.3 [1]) были проведены исследования взаимодействия крепей комплексов МКЮ-4У18/43 и КМ-138/4 при отработке пластов 48, 44 в условиях шахт "Кыргайская" и "Талдинская-Южная".

Мощность пластов изменялась в пределах: пласта 48 от 3,13м до 4,15м, пласта 44 от 2,9м до 3,89м, угол падения соответственно 12-21°, 12-19°.

Оценка взаимодействия крепей с вмещающими породами производилась с использованием силовых и геометрических показателей, на основании которых оценивалось качество взаимодействия крепи с вмещающими породами, выражающееся в обеспечении безопасных условий в очистном забое и на сопряжениях очистного забоя с подготовительными выработками.

В качестве оценок силового взаимодействия крепи с вмещающими породами использовались:

- начальный распор гидростоек и секции кре-

пи;

- сопротивление крепи в конце выемочного цикла;

- сопротивление крепи на 1м длины лавы.

Оценка взаимодействия крепи дополнительно производилась по геометрическим параметрам:

- податливости гидростоек и их просадке за выемочный цикл;

- зазору между забоем и козырьком крепи;

- углу между линией забоя и траекторией движения комплекса;

- параметрам, характеризующим взаимное положение элементов крепи;

- расстоянию между носками основания и забоем.

Для измерения начального распора и конечной реакции крепи за выемочный цикл применялись самопишущие манометры М-81, просадка и раздвижность стоек измерялась с помощью металлической линейки, углы наклона стоек, оснований, козырьков измерялись угломером.

Исследования проводились при отработке пласта 48 и пласта 44. Основной объем исследований выполнен для комплекса КМ-138/4.

Характеристика крепи М-138/4 производства Юргинского машзавода приведена в табл. 1.

Рабочий диапазон вынимаемой мощности пласта и диапазон раздвижности крепи изменялись в пределах 2,6-2,8м. На участках с труднообрушаемой кровлей выемка угля комбайном осуществлялась по односторонней схеме, при обратном ходе комбайна от вентиляционного штрека к конвейерному производилась выемка нижнего уступа мощностью 0,5-0,6м и зачистка машинной дорожки. Ширина захвата комбайна выдерживалась и составляла 0,8м. Перед выполнением очередных измерений параметров крепи и взаимного положения элементов крепи, производилось измерение угла падения пласта в лаве, вынимаемой мощности пласта, ширины захвата исполнительного органа комбайна.

При отработке пласта 48 у кровли и почвы оставалась угольная пачка, мощность угольной пачки по средним значениям составляла в кровле 0,2м, в почве 0,3м. Поэтому производилось измерение разрушенного угля на почве пласта.

Результаты измерения параметров, характеризующих силовое взаимодействие крепи с труднообрушаемой кровлей приведены в табл.2.

Из таблицы 2 по средним значениям фактических реакций гидростоек видно, что они работали с недогрузом и были меньше расчетных реакций,

Таблица 1. Параметры крепи М-138/4 (Юргинский машзавод)

1.	Тип механизированной крепи	Поддерживающе-оградительный
2.	Типоразмер	4
3.	Конструктивная высота, м:	
	- минимальная	1,61
	- максимальная	3,52
4.	Рабочее сопротивление, кН/м	900 (1000)
5.	Сопротивление секции, кН	6300
6.	Коэффициент гидравлической раздвижности	2,19
7.	Сопротивление гидростойки, кН	1575
8.	Давление настройки предохранительного клапана, МПа	42
9.	Рабочее давление, МПа	32
10.	Коэффициент начального распора	0,76
11.	Шаг установки секций, м	1,5
12.	Шаг передвижки секций, м	0,8
13.	Тип основания	подвижный катамаран
14.	Тип гидростойки	двойной гидравлической раздвижности
15.	Диаметр поршня (1-ая ступень), мм	220
16.	Давление на почву, МПа	2,5
17.	Габариты секции: - высота, м	1,61
	- ширина, м	1,4
	- длина, м	6,17
	- масса, т	14,3
18.	Диапазон работы крепи, м	(1,4-3,5)*

максимальные реакции гидростоек достигали значений 1875кН и превышали расчётные значения. Перегрузки испытывали, в основном гидростойки переднего ряда секций, однако, величина коэффициента перегруза не превышала 16,6% при допустимых перегрузках 25% [2]. Нагружение гидростоек характеризовалось резкими осадками пород, при которых наблюдались забросы давления в поршневой полости первой ступени. Максимальные забросы давления достигали 7МПа. Стоечные предохранительные клапаны, обладая инерционной способностью, срабатывали с задержкой. Передний ряд гидростоек испытывал большее давление пород в связи с тем, что кровля обрушалась большими блоками, а формирование блоков происходило с образованием заколов впереди линии забоя и по линии забоя. При этом посадок гидро-

стоек "нажестко" не наблюдалось, деформаций гидростоек не было.

Процесс обрушения пород с резкими осадками в отличие от монотонных процессов характеризуется большими скоростями опускания.

Максимальные значения реакций гидростоек при резких осадках превышали расчётное сопротивление гидростоек в 1,16-1,17 раз.

На рис. 1 представлены характерные диаграммы нагружения гидростоек при появлении закола в кровле по линии забоя и выходе крепи из-под закола. Записи диаграммы подтверждают факт наличия резких осадок кровли. При передвижке секций зафиксированы давления на секциях также с резкими осадками пород кровли.

Заколы в кровле по длине лавы появлялись отдельными участками, средняя длина которых



Рис. 1. Характерные диаграммы нагружения гидростоек крепи М-138/4 при зависании кровли и резких осадках:

А - в момент появления заколов; Б - в момент выхода из-под закола;  
 $P_{кл}$  - давление настройки срабатывания предохранительных клапанов

Таблица 2. Фактические силовые параметры крепи М-138/4 при отработке участков пластов с труднообрушаемой кровлей

№№ пп	Наименование параметра	Ед-ца изм.	Стойка	Секция	кН
1.	Давление начального распора гидростоек, $P_0$ :	МПа			
	минимальное,	- " -	2,36	-	-
	среднее,	- " -	16,2	-	-
	максимальное	- " -	31,57	-	-
2.	Усилие начального распора - $P_n$ :	кН	90	360	-
	среднее,	- " -	615	2460	-
	максимальное	- " -	1200	4800	-
3.	Усилие распора передних гидростоек	кН	635	-	-
4.	Усилие распора задних гидростоек по средним значениям	кН	550	-	-
5.	Неравномерность усилий начального распора переднего и заднего рядов гидростоек	-	-	-	1,15
6.	Фактическое рабочее сопротивление гидростоек и крепи - $R$ :	кН			
	минимальное,	- " -	100	400	-
	среднее,	- " -	775	3100	-
	максимальное	- " -	1875	7500	-
7.	Давление в гидростойках в конце выемочного цикла - $P_k$ :	МПа			
	минимальное,	- " -	2,63	-	-
	среднее,	- " -	20,4	-	-
	максимальное	- " -	49	-	-
8.	Реакция гидростоек переднего и заднего ряда в конце выемочного цикла:	кН			
	переднего ряда,	- " -	650	-	-
	заднего ряда,	- " -	785	-	-
	коэффициент неравномерности нагружения гидростоек породами кровли $\frac{R_{зад.ряда}}{R_{пер.ряда}} = \text{кН}$ .				1,2
9.	Податливость гидростоек за выемочный цикл,	мм			
	передних стоек: - средняя,	- " -	30	-	-
	- максимальная;	- " -	100	-	-
	задних стоек: - средняя,	- " -	22	-	-
	- максимальная	- " -	80	-	-

составляла около 24 м, а смещения заколов по забою изменялись от 60 до 170 мм (рис.2).

Кровля в лавах обрушалась с зависанием в виде блоков. Зависания по центральной части лавы составляли в среднем 5-5,5м, у сопряжений изменялись от 7 до 8м (рис.3). азмеры обрушающихся блоков составляли по простиранию 3-4 м, а по падению - по средним значениям около 7 м.

Анализ данных таблицы показывает следующее:

- труднообрушаемая кровля в лавах обрушается с зависанием пород за крепью крупными блоками и проявлением резких осадок. Скорость смещения пород при резких осадках кровли высокая, вследствие чего стоечные предохранительные клапаны вследствие инерционности не успевают быстро открываться, что приводит к забросам давления в гидростойках;

- величина забросов давления в поршневых полостях гидростоек не превышала допустимых перегрузов и составила по средним значениям 16,6%;

- величина смещений образующихся блоков

по забою составила по максимальным значениям для передних стоек 100мм, для задних стоек - 80мм, а по средним значениям соответственно 30 и 22мм;

- по средним значениям реакций гидростоек расчётное сопротивление крепи используется недостаточно полно, коэффициент использования составляет около 50-52%. По максимальным значениям сопротивление крепи выше расчётного значения на 19%;

- гидростойки переднего ряда нагружаются обрушающимися породами больше чем гидростойки заднего ряда, коэффициент неравномерности составил 1,2, а величина начального распора передним стойкам задаётся больше задних, коэффициент неравномерности начального распора, составил 1,15.

Передние стойки вследствие образования заколов в кровле по линии забоя и впереди забоя нагружаются больше задних.

В табл.3 приведены геометрические параметры, характеризующие качество взаимодействия крепи М-380/4 с вмещающими породами пластов

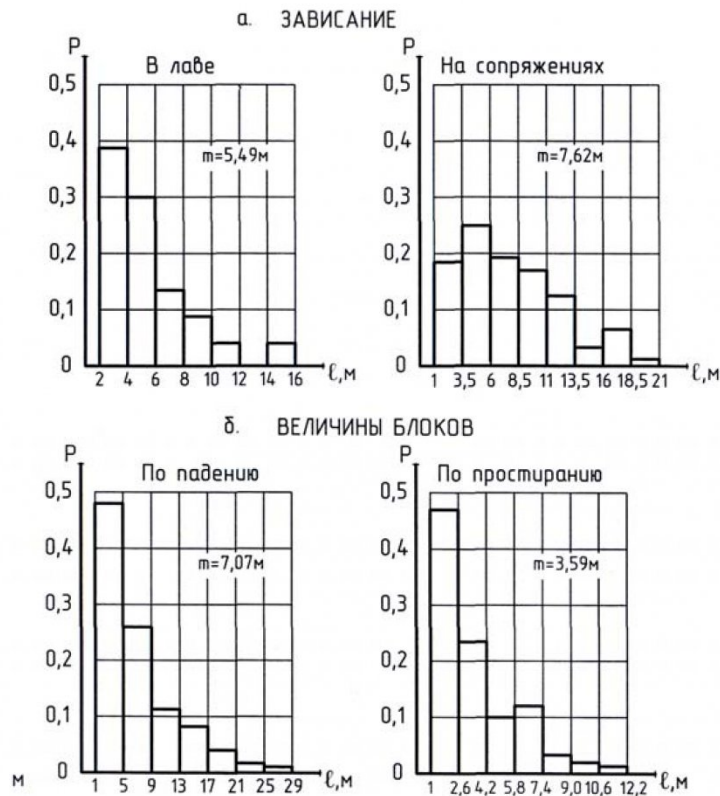


Рис.3. Параметры обрушения пород кровли: а - зависания пород кровли за крепию; б - размеры обрушающихся блоков кровли

48 и 44.

Анализ результатов измерений геометрических показателей (табл. 3) показывает следующее:

- крепь сохраняла устойчивое положение на участках отработки пластов с труднообрушаемой кровлей. Устойчивое положение секций нарушалось (секции сползали по падению пласта) при разрушении угольной пачки в кровле или в почве пласта. В эти моменты раздвижность крепи была недостаточной, нарушался контакт перекрытий с кровлей;

- коэффициент перетяжки кровли при наличии отжима угля от забоя был недостаточным и составлял 0,62 (по характеристике крепи - 0,95). Зазор между забоем и козырьками крепи превышал безопасную величину 350мм и изменялся от 40мм до 750мм;

- не обеспечивалась соосность поддерживающих элементов крепи с основаниями, перекося составлял в среднем 61мм, при этом передняя часть перекрытий вместе с козырьками отклонялась по падению пласта.

Перекосы взаимного положения оснований секций и верхняков приводят к нарушению устойчивости секций крепи, к их сползанию по падению и наклону. Причиной этого является недостаточная жёсткость узлов соединения ограждений с основаниями и верхняками, а также гидростоек с основаниями и верхняками.

#### ВЫВОДЫ

1. Исследования взаимодействия поддержи-

вающе-оградительной крепи с вмещающими породами при отработке пластов с труднообрушаемой кровлей подтвердили целесообразность применения механизированных комплексов с крепями поддерживающе-оградительного типа для отработки пластов Ерунаковского района, где значительная часть пластов характеризуется наличием "ложной" кровли, "ложной" почвы и участков с труднообрушаемой кровлей.

2. Обрушение пород кровли происходит с их зависанием и крупными блоками. Распределение давления пород по длине секций крепи является неравномерным, передние стойки крепи воспринимают большие нагрузки по сравнению со стойками заднего ряда. Обрушение кровли характеризуется резкими осадками с забросами давления в поршневых полостях гидростоек и на 16-17% выше номинального значения. Стоечные предохранительные клапаны в силу своей инерционности открываются с опозданием и не защищают гидростойки от повышенных давлений.

3. Использование силовых параметров крепи по средним значениям низкое: усилие начального распора использовалось на 39%; сопротивление крепи использовалось на 49%. Основной причиной низкого использования рабочего сопротивления крепи является низкий начальный распор, задаваемый гидростойкам при передвижке крепи.

4. Наиболее существенными силовыми характеристиками крепи, влияющими на взаимодействие с вмещающими породами при отработке пла-

Таблица 3. Геометрические показатели, характеризующие качество взаимодействия крепи с вмещающими породами

№№ пп	Наименование параметра	ед-ца изм.	Параметры	
			пределы изменения	среднее значение
1	2	3	4	5
1.	Зазор между секциями крепи	мм	10-60	30
2.	Зазор между козырьками соседних секций	мм	20-470	210
3.	Неподвижка козырьков до забоя:	мм		
	при отсутствии отжима,		40-250	95
	при отжиме		200-750	362
4.	Коэффициент затяжки кровли:	-	-	0,94
	при отсутствии отжима,	-	-	0,62
	при отжиме			
5.	Угол между передней стойкой и перекрытием	град.	87-96	92
6.	Перекося оси перекрытия относительно оси основания	мм	10-140	61
7.	Угол между основаниями соседних секций, характеризующий наклоны оснований	град.	176-182	179
8.	Угол между козырьком и перекрытием в вертикальной плоскости	град.	-16 - +12	- 1,44
9.	Неподвижка забойного конвейера	мм	13-33	20
10.	Слой разрушенного угля на почве машинной дорожки	мм	10-80	40
11.	Угол отклонения перекрытия секций от нормали по падению пласта	град.	5-20	12

стов с труднообрушаемой кровлей являются

- сопротивление крепи, кН/м<sup>2</sup>;
- задаваемое усилие начального распора, кН;
- сопротивление крепи на 1м длины лавы, кН/м;
- коэффициент начального распора.

5. Установлено, что для условий пластов Ерунаковского района указанные характеристики должны составлять:

- сопротивление крепи - не менее 1100кН/м<sup>2</sup>;
- сопротивление крепи на 1м длины лавы не менее 4200кН/м;
- сопротивление секции крепи - 6300-6600кН;
- коэффициент начального распора - 0,7-0,76;
- кратность отношения начального распора стоек переднего ряда к стойкам заднего ряда - 1,2.

6. Из геометрических характеристик на взаимодействие крепи с вмещающими породами наиболее существенное влияние оказывают:

- коэффициент гидравлической раздвижности;
- удаление переднего ряда гидростоек от забоя;
- зазор между забоем и передней кромкой ко-

зырьков крепи;

- жёсткость узлов соединений ограждений с верхняками и основаниями секций крепи, узлов крепления гидростоек с основанием и верхняками.

7. Для обеспечения надёжного взаимодействия крепи поддерживающе-оградительного типа с вмещающими породами при отработке пластов с труднообрушаемой кровлей геометрические характеристики крепи должны иметь значения:

- коэффициент гидравлической раздвижности не менее 2,1-2,2;
- безопасный зазор между забоем и передней кромкой козырьков крепи должен быть не более 0,4м;
- удаление переднего ряда гидростоек от забоя должно поддерживаться на уровне 3м.

Необходимо отметить, что вопрос о приближении реакций гидростоек переднего ряда ближе к забоям в крепях поддерживающе-оградительного типа является весьма сложным, и он должен решаться путём совершенствования кинематических схем крепей этого типа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временные указания по управлению горным давлением в очистных забоях на пластах мощностью до 3,5м с углом падения до 35°. Ленинград, 1982. - 136с.
2. ГОСТ Р 52 152-2003. Крепи механизированные для лав. Основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний. Госстандарт России. Москва. - 29с.

□ Авторы статьи:

Гордеев  
Сергей Николаевич  
- генеральный директор ООО «Галдинская горнодобывающая компания». г. Прокопьевск.  
E-mail: tgd@list.ru.

Пугачев  
Емельян Васильевич  
- докт.техн.наук, зав. каф. электро-механики (Сибирский государственный индустриальный университет)  
E-mail: pugachev\_ev@em.sibsiu.ru