

## ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

УДК: 622.272.6:622-112.3

С.Н. Гордеев

### ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ ПОДДЕРЖИВАЮЩЕ-ОГРАДИТЕЛЬНОГО ТИПА С НЕУСТОЙЧИВЫМИ ВМЕЩАЮЩИМИ ПОРОДАМИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПЛАСТА 48 В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «ТАЛДИНСКАЯ-ЮЖНАЯ»

Крепи поддерживающе-оградительного типа появились на угольных шахтах после длительной эксплуатации и совершенствования механизированных крепей поддерживающего и оградительно-поддерживающего типа. В настоящее время предпочтительнее являются крепи поддерживающе-оградительного типа, так как крепи включили в себя основные преимущества крепей поддерживающего и оградительного типа. На основе синтеза лучших технических решений в мировой практике крепестроения создан целый ряд механизированных крепей поддерживающе-оградительного

типа: М-138, М-142, М-144, МК-800 и другие отечественного производства; "Джой", "Глиник", ДБТ и другие зарубежного производства.

Выбор рационального типа механизированной крепи для отработки пластов с неустойчивыми вмещающими породами в Ерунаковском районе производился путём сравнительной оценки крепей разных типов, в том числе поддерживающе-оградительного типа.

Сравнительная оценка крепей осуществлялась по критерию устойчивого их взаимодействия с вмещающими породами.

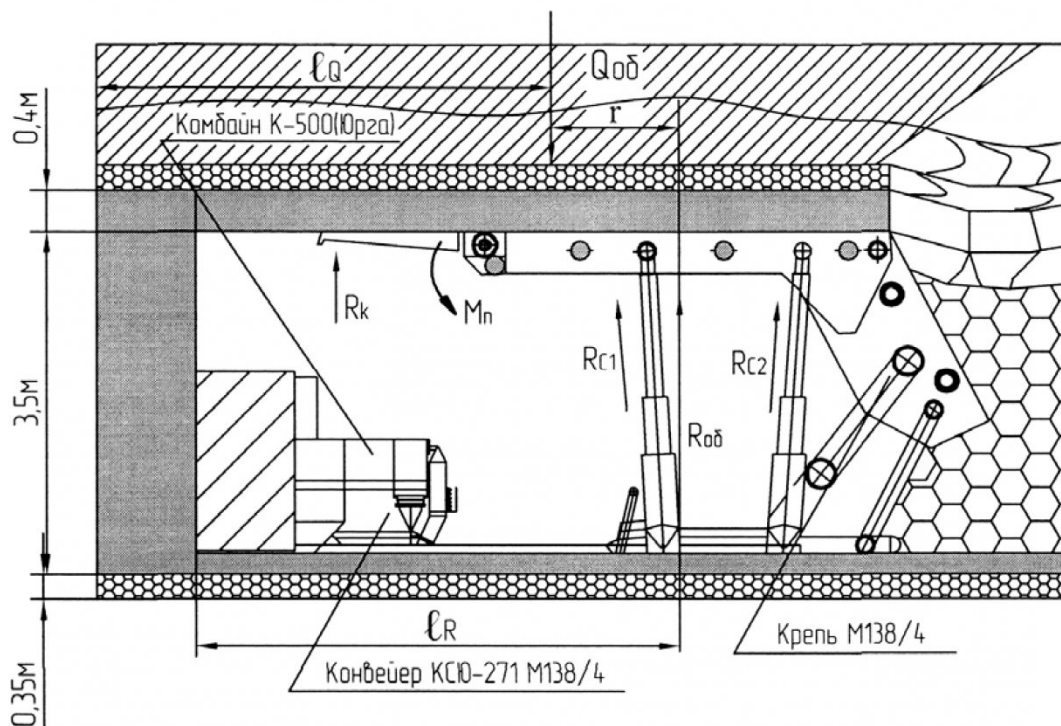


Рис.1. Характерная схема взаимодействия крепи комплекса М-138/4 с неустойчивой кровлей и оставляемой защитной угольной пачкой:

$Q_{об}$  - равнодействующая внешней нагрузки;

$R_{об}$  - равнодействующая сил внутреннего сопротивления;

$R_k$  - сопротивление крепи на передней кромке козырька;

$R_{c1}$  - сопротивление переднего ряда стоек;

$R_{c2}$  - сопротивление заднего ряда стоек

В условиях шахты «Талдинская-Южная» проводились исследования взаимодействия крепи М-138/4 с породами кровли пласта 48. Цель исследований заключалась в установлении особенностей взаимодействия крепи поддерживающе-оградительного типа с неустойчивыми вмещающими породами и выбор рациональной кинематической схемы крепи поддерживающе-оградительного типа для отработки пластов с неустойчивыми вмещающими породами. Исследования проводились при отработке пласта 48 в лаве 48-2 механизированным комплексом КМ-138/4.

Пласт 48 в условиях шахты «Талдинская-Южная» относительно выдержанный, строение от простого до сложного, залегает под углом 16°. Мощность пласта колеблется от 3,6 до 4 м при средней 3,9 м. Коэффициент крепости угля по шкале проф. Протодяконова 0,9-1,1.

Непосредственная кровля пласта представлена разнородными алевролитами переменной мощности от 1 до 11,7 м с коэффициентом крепости от 2 до 4. Породы кровли квалифицируются по устойчивости как неустойчивые и среднеустойчивые. Местами непосредственная кровля отсутствует, в этом случае на контакте с углем располагаются слои песчаника мощностью до 20-30 м и более. Песчаники основной кровли средне и мелкозернистые, включают линзы угля, прослойки алевролитов мощностью 0,1-0,54 м, крепкие, сопротивление сжатию достигает до 70 МПа, среднее значение 60 МПа. Основная кровля по обрушаемости изменяется от среднеобрушаемой до труднообрушаемой. Пласт характеризуется наличием "ложной" кровли на большей части площади пласта. Мощность "ложной" кровли изменяется от 0,1 до 0,8 м, коэффициент крепости - от 1,0 до 1,5.

В лаве 48-2, глубина горных работ средняя составляла 140 м, максимальная 220 м, минимальная 60 м. При исследовании в выемочном столбе выбирались участки столба с неустойчивыми вмещающими породами, участки с породами средней устойчивости и с трудноуправляемой кровлей. Комплекс КМ-138/4 производства Юргинского машзавода. Техническая характеристика комплекса приведена в табл.1. Крепь оснащена устройствами якорения, правки секций, а также корректировки трассы удержания лавного конвейера.

Для оценки взаимодействия механизированной крепи М-138/4 с вмещающими породами использовались силовые и геометрические показатели, включающие начальный распор крепи, конечную реакцию в конце выемочного цикла, приращение давления в поршневой полости гидростоек, скорость пригрузов давления. Указанные показатели определялись с помощью самопишущих манометров М-72 и М-81. Приборами оборудовались три секции (в центре и у флангов). Объем исследований нагрузок, действующих на крепь, производился в течение 120-150 выемочных циклов на выбранных участках, длина лавы составляла 150 м, длина выемочного столба - 865 м.

Одновременно с записью нагрузок на крепь измерялась просадка гидростоек за цикл, взаимное расположение перекрытий крепи и оснований, угол между перекрытием и передней гидростойкой, угол отклонения активного козырька крепи относительно перекрытия, взаимное расположение оснований соседних секций, зазоры между козырьками крепи, расстояние от козырька до забоя, неподвижка забойного конвейера.

Обработка результатов наблюдений производилась с использованием основных положений

Таблица 1. Технические параметры крепи 138/4

Наименование параметра	Параметр
1. Конструктивная высота, мм	
минимальная	1610
максимальная	3520
2. Рабочее сопротивление крепи, кН/м	900
3. Шаг передвижки, мм	800
4. Шаг установки, мм	1500
5. Тип основания	Подвижный катамаран
6. Количество гидравлических стоек	4
7. Тип стоек	Двойной гидравлической передвижки
8. Диаметр поршня, мм	220
9. Давление настройки предохранительного клапана в стойке, МПа	42
10. Рабочее давление, МПа	32
11. Коэффициент начального распора	0,76
12. Среднее давление на почву, МПа	2,5
13. Механизм передвижки	С домкратом прямого хода
14. Усилие при передвижке (номинальное), кН	330
секции крепи	160
конвейера	
15. Рабочая высота крепи, м	
минимальная	1400
максимальная	3500

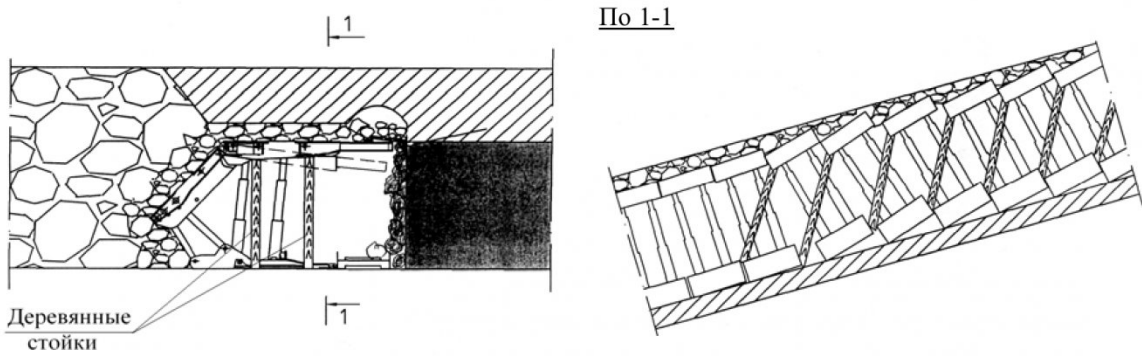


Рис.2. Положение в лаве 48-2 при потере устойчивости крепи М-138/4 и правке секций

теории вероятностей и математической статистики [1].

При исследовании взаимодействия механизированной крепи с вмещающими породами было установлено, что выемка угля в основном производится на верхнем пределе раздвижности крепи, схема выемки угля комбайном осуществляется по челноковой схеме. С точки зрения устойчивости секций крепи принятая схема выемки угля и работа крепи на верхнем пределе раздвижности является нерациональной. При работе на верхнем пределе раздвижности давление обрушаемых пород распределяется по верхняку крепи неравномерно,

а равнодействующая внешней нагрузки смещается ближе к забою и линия действия равнодействующей проходит впереди переднего ряда стоек, рис.1.

При челноковой схеме работы горное давление при выемке угля комбайном проявляется интенсивнее, чем при уступной схеме, а вопросам крепления забоя в этом случае, уделяется меньше внимания, так как одновременно выполняются процессы крепления забоя и передвижки конвейера. Под действием внешних нагрузок верхняк и козырёк секций крепи смещаются вовнутрь секций, нарушается контактирование верхняков и

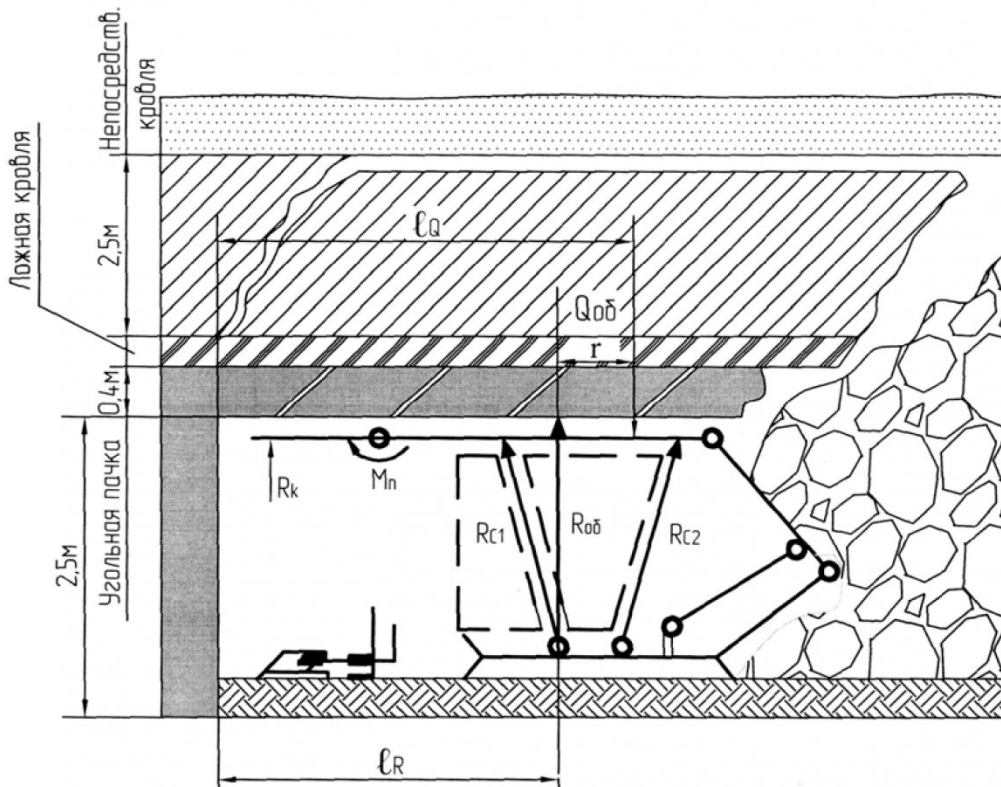


Рис.3. Схема взаимодействия крепи М-138/4 с неустойчивой непосредственной кровлей

$R_k$  - сопротивление крепи по передней консоли;

$R_{c1}$  - сопротивление переднего ряда стоек;

$R_{c2}$  - сопротивление заднего ряда стоек;

$Q_{об}$  - равнодействующая внешней нагрузки;

$R_{об}$  - равнодействующая внутренних сил секции,

$\ell_R$  - расстояние от забоя до точки приложения равнодействующей внутренних сил;

$\ell_Q$  - расстояние от забоя до точки приложения равнодействующей внешней нагрузки

kozyрьков с кровлей, появляется отжим угля от забоя, вывалы защитной пачки угля и "ложной" кровли. Устойчивость секций как продольная, так и поперечная нарушается. Секции сползают по падению пласта, приобретают наклоны в сторону забоя, наклоняются по падению пласта. На рис.2 показано положение секций крепи в лаве в такие моменты. При неустойчивой схеме взаимодействия крепи с вмещающими породами, силовые параметры крепи используются весьма неудовлетворительно.

Исследования показывают, что начальный распор секциям крепи задавать в таких ситуациях сложно, повторные дораспоры не дают положительных результатов.

Стойки крепи работают в основном на уровне заданного распора. Средняя величина начального распора гидростоек составляла 9,86МПа, а давление в гидростойках в конце выемочного цикла не превышало 13,2МПа, пригрузки давления за выемочный цикл в гидростойках находились на уровне 3,3МПа.

В отдельные циклы пригрузки давления в гидростойках носили отрицательный характер, то есть гидростойки уходили из-под нагрузки и сбрасывали давление.

Таким образом, исследования показывают, что крепь поддерживающе-оградительного типа при отработке пласта с неустойчивой кровлей на максимальном пределе раздвижности не обеспечива-

ет устойчивое состояние, теряет продольную и поперечную устойчивость, эффективная отработка пласта и безопасные условия работы не обеспечиваются.

На этом же участке выемочного столба была уменьшена вынимаемая мощность пласта до 2,5м; секции крепи работали на среднем диапазоне раздвижности. В почве и кровле пласта были оставлены защитные угольные пачки соответственно мощностью 0,3м и 0,45м. Выемка угля осуществлялась по односторонней схеме, при обратном ходе комбайна выбирался уголь у почвы пласта и зачищалась машинная дорожка. В данном случае взаимодействие крепи М-138/4 с вмещающими породами было удовлетворительным. Уменьшение рабочей высоты крепи способствовало большей загрузки ограждения обрушенными породами "ложной" и непосредственной кровли. Равнодействующая внешней нагрузки сместилась к заднему ряду стоек, козырёк крепи надёжно контактировал с угольной пачкой, секции удовлетворительно распорались после передвижки, сохраняли устойчивое положение, а стойки крепи работали в режиме нарастающего сопротивления. Средний начальный распор гидростойкам задавался на таких участках 11-14МПа, максимальный достигал до 20МПа, а давление в гидростойках в конце выемочного цикла до 27-30МПа, пригрузки давления имели положительный знак и составляли за цикл 14-17МПа. Секции крепи нагружались, сохраняли

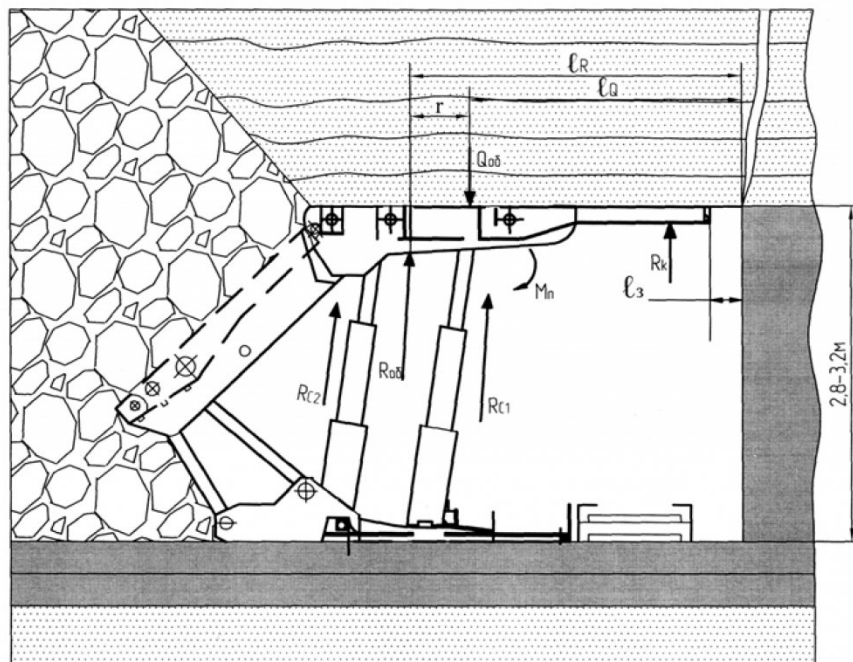


Рис.4. Схема взаимодействия крепи М-138/4 с песчаниками, на участке замещения непосредственной кровли:

- $R_k$  - сопротивление крепи на козырьке;
- $R_{c1}$  - сопротивление стоек переднего ряда;
- $R_{c2}$  - сопротивление стоек второго ряда;
- $R_{об}$  - равнодействующая сил сопротивления секции;
- $Q_{об}$  - равнодействующая внешней нагрузки;
- $M_p$  - момент поворота приконтурного массива

контакт верхняков с кровлей и устойчивость.

Схема взаимодействия крепи с вмещающими породами на данном участке показана на рис.3. Ограждающая часть секций крепи достаточно пригнута обрушенными породами. Равнодействующая внешней нагрузки сместилась по верхняку крепи к шарниру соединения верхняка крепи с ограждением.

Стойкам заднего ряда задавался начальный распор больше задних. В случае перехода секции в ограждающий режим работы производился дораспор стоек заднего ряда. При такой схеме взаимодействия крепи с вмещающими породами увеличилась добыча угля, среднесуточная нагрузка на забой возросла до 2800-3000т.

На участке выемочного столба, где непосредственная кровля замещалась песчаниками основной кровли, раздвижность крепи была увеличена и составляла 2,8-3,2м. Процесс взаимодействия крепи с вмещающими породами происходил не совсем удовлетворительно, наблюдались случаи потери устойчивости, (рис.4). В кровле пласта залегает слоистый песчаник, среднее сопротивление сжатию 60МПа, максимальное сопротивление 70МПа. В целом кровлю можно оценить, как труднообрушаемую. Однако, при отработке пласта кровля по обрушению оценивается как среднеобрушаемая. Благодаря слоистой структуре песчаника обрушение кровли происходило без заваливаний и крупных блоков. В почве пласта оставалась защитная пачка угля мощностью 0,3м. Нагрузка обрушенных пород больше формировалась на поддерживающих частях крепи и козырьках. Равнодействующая внешней нагрузки предположительно располагалась впереди переднего ряда стоек или по переднему ряду.

Секции крепи часто теряли контакт с кровлей, возрастал наклон стоек на забой. В такие моменты раздавливался уголь в почве, передвижка секций затруднялась, происходил отжим угля от забоя. Дораспор передних стоек не давал положительных результатов. Гидростойки секций крепи работали в режиме нарастающего сопротивления, средняя величина начального распора составляла около 12МПа, в конце выемочного цикла давление достигало 30-37МПа, пригруз давления - 18-25МПа. Случаев срабатывания предохранительных клапанов не наблюдалось. При уменьшении вынимаемой мощности пласта до 2,6-2,7м взаимодействие крепи с кровлей значительно улучшилось, стала больше пригнута породами поддерживающая часть секций крепи. Дополнительно передним стойкам крепи задавался больший начальный распор.

Анализ результатов исследования взаимодействия механизированной крепи М-138/4 с вмещающими породами пласта 48 в условиях шахты «Талдинская-Южная» показывает, что процесс и качество взаимодействия крепи поддерживающе-ограждающего типа с неустойчивыми вмещаю-

щими породами зависит от степени ослабления

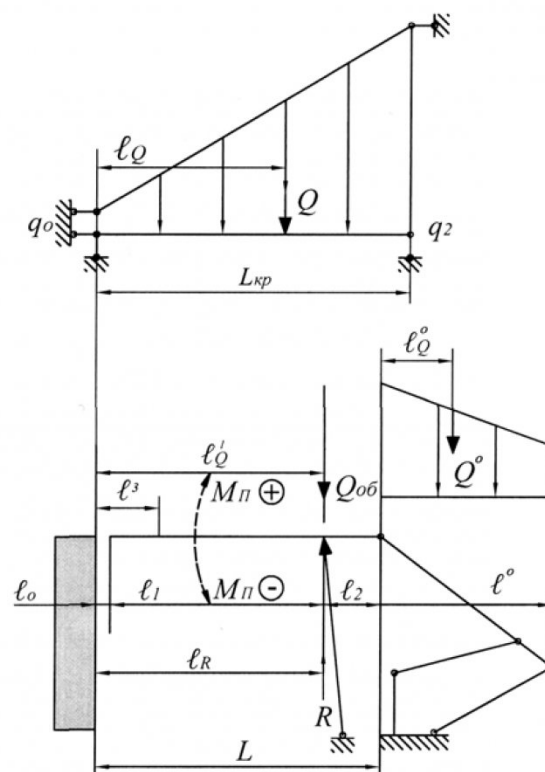


Рис.5. Схема действия на секцию крепи поддерживающе-ограждающего типа внешних сил от пород кровли и внутренних сил сопротивления секции:

- $Q$  - сила, действующая на верхняк крепи;
- $Q^0$  - сила, действующая на ограждение крепи;
- $Q_{об}$  - суммарная сила (равнодействующая) приложенная к секции крепи;
- $M_{п}$  - момент поворота приконтурного массива;
- $R$  - равнодействующая внутренних сил секции

пород, рабочего диапазона раздвижности крепи, правильно заданного начального распора гидростойкам переднего и заднего ряда.

Легко- и среднеобрушаемые породы в зоне опорного давления испытывают сжимающие напряжения с коэффициентом концентрации напряжений 1,5-2, а при выходе на линию забоя расслаиваются, нагружая в основном поддерживающую часть секций крепи. Ограждающая часть секций или мало пригнута или совсем не нагружается. Эпюра нагружения секций крепи при нагружении поддерживающей и ограждающей частей показана на рис.5. Из рис.5 видно, что в зависимости от точки приложения равнодействующей внешней нагрузки возникающий момент поворота приконтурного массива может быть положительным (поворот по часовой стрелке) или отрицательным, что определяет продольную устойчивость секции крепи, а затем и поперечную устойчивость. При положительном моменте верхняк крепи прижимается к кровле пласта, при отрицательном моменте - верхняк крепи отходит от кровли внутрь секции. В обоих случаях продоль-

ная устойчивость секции крепи нарушается, секция наклоняется на забой, либо упирается в забой, при этом часто опорой секции на почву является не всё основание крепи, а только его передняя часть. Нагрузка на почву возрастает, основания "запахиваются" в почву, деформируются. При таких ситуациях увеличиваются растягивающие усилия в передней и задней траверсах, возрастают растягивающие усилия в штоках гидростоек, происходят поломки элементов крепи. На рис.5 приведена обобщённая эпюра внешних сил, действующих со стороны пород на крепь. Результирующая (равнодействующая) нагрузка внешних сил складывается из средней нагрузки, действующей на поддерживающую часть и средней нагрузки на ограждающую часть секции крепи. Согласно [2, 3] конструктивная схема секции крепи является оптимальной по критерию взаимодействия с углевмещающим породным массивом при условии, когда положение равнодействующей внешней нагрузки и положение (линии действия) равнодействующей внутренних сил сопротивления секции крепи совпадают. Место положения равнодействующей сил со стороны пород и внутренних сил секции крепи определяется относительно линии очистного забоя. При несовпадении линий действия равнодействующих внешней нагрузки и внутренних сил сопротивления происходит снижение технических возможностей крепи и эффективности её применения в конкретных горно-геологических условиях.

Выполненная оценка конструктивной схемы механизированной крепи М-138/4 при отработке пласта 48 в условиях шахты «Талдинская-Южная» по критерию взаимодействия с массивом неустойчивых вмещающих пород позволяет сделать следующие выводы.

- Устойчивость секций крепи и их удовлетворительное взаимодействие с вмещающими породами определяется величиной момента поворота приконтурного массива пород и его направлением. Величина момента поворота приконтурного массива пород определяется мощностью обрушенных пород кровли и разницей между точками

приложения и линиями действия равнодействующих внешних сил горного давления и внутренних сил сопротивления крепи.

- Установлено, что крепи поддерживающего типа четырёхстоечные с двухрядным расположением гидростоек обладают высокой потенциальной возможностью выбора варианта устойчивого взаимодействия с вмещающими породами за счёт перераспределения усилий в гидростойках и выбора рациональной рабочей высоты крепи.

- Рациональная расчётная высота крепи при отработке пластов с неустойчивыми вмещающими породами должна выбираться из условия обеспечения достаточного запаса раздвижности на случаи вывалов "ложной" кровли, неустойчивой непосредственной кровли, вдавливания оснований в "ложную" или слабую непосредственную почву пласта.

- При работе крепи на раздвижности, близкой к максимальной следует ожидать повышенных нагрузок на переднюю часть поддерживающего верхняка крепи и управляемый козырёк, наклона секций на забой, потери контакта козырьков и верхняков с кровлей, передачи высоких давлений на почву в основном передней кромкой оснований. Для обеспечения устойчивого взаимодействия секций крепи с породами целесообразно в этом случае задавать стойкам переднего ряда повышенный начальный распор и производить периодические их дораспоры, а стойки заднего ряда несколько разгрузить.

- При работе крепи на раздвижности, близкой к минимальной, чаще в большей степени, нагружается ограждающая часть секций крепи. В этом случае секции работают в режиме ограждающей крепи, нормальное площадное контактирование поддерживающих частей с породами кровли нарушается, необходим контроль за распором стоек заднего ряда. Им требуется задавать больший начальный распор, чем стойкам переднего ряда, осуществлять их периодический дораспор, а стойки переднего ряда периодически разгружать.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Е.С. Венцель*, Теория вероятностей. –М.: Наука, 1969. - 579с.
2. *Ю.А. Коровкин*. Механизированные крепи очистных забоев. -М.: Недра, 1990. - 413с.
3. *Ю.А. Коровкин, П.Ф. Савченко, А.Г. Саламатин, В.И. Постников*. Теория и практика длиннолавных систем. Под ред. проф., докт. техн. наук Е.Я. Диколенко. - ООО "Техгормаш", Москва, 2004. - 600с.

□ Автор статьи:

Гордеев  
Сергей Николаевич  
- генеральный директор ООО «Талдинская горнодобывающая компания» ( г. Прокопьевск),  
тел.: (3846) 67-09-05, факс: (3846)  
67-01-16, e-mail: tgdr@list.ru