

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПРИЗАБОЙНОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ КРЕПЕЙ В ЛАВЕ

В. А. ШАЛАУРОВ

(Представлено научным семинаром кафедр разработки пластовых месторождений,
разработки рудных месторождений, шахтного строительства, техники безопасности
и рудничной вентиляции)

Целью данной статьи является попытка на основании произведенных наблюдений дать анализ работы призабойной и специальной крепей с учетом горно-геологических условий и состояния системы „кровля—крепь“.

Для Ленинского района Кузбасса характерно пологое залегание и средняя мощность пластов. Выемка угля производится лавами длиной от 80 до 200 м. Для крепления лав применяется деревянная призабойная крепь в сочетании со специальной: в качестве последней наиболее широко распространены кусты из рельсовых концов. За последнее время начали применять кусты из металлических стоек СГК и СДТ.

Однако выбор крепи часто производится без учета горно-геологических условий и определяется наличием крепежного материала, что приводит к несоответствию применяемых крепей друг другу и поведению пород при обнажении кровли.

Нами были проведены наблюдения за поведением пород кровли и состоянием крепи в одной из лав, закрепленной кустами из металлических стоек СДТ в сочетании с деревянной призабойной крепью.

В основу решения задачи положена гипотеза Г. Н. Кузнецова [1] об обрушении и оседании пород, подтвержденная шахтными наблюдениями и лабораторными исследованиями.

Анализ работы крепи, данный в статье, приближает нас к решению задачи выбора специальной и призабойной крепей с учетом их совместной работы в определенных горно-геологических условиях.

Краткое описание работ в лаве

Лавы № 58 отрабатывала участок пласта Толмачевского шахты имени С. М. Кирова. Длина лавы 130 м. Вынимаемая мощность пласта колеблется в пределах от 1,8 до 2,1 м. Угол падения 6—8 градусов. Линия забоя лавы расположена по падению пласта.

Непосредственная кровля представлена пачкой аргиллита средней крепости мощностью 2—3 м. Выше залегает пласт песчаника мощностью от 10 м и более. Непосредственная кровля устойчивая, допускает обнажения до 15 кв. м. Почва пласта—аргиллит средней кре-

пости. Вдавливания стоек в почву не наблюдается. Гидрогеологические условия работ благоприятные, притока воды со стороны кровли нет.

Выемка угля осуществляется комбайном „Донбасс“ на мощность 1,4 м. Глубина вруба 1,45 м. Пачка угля мощностью до 0,5 м, остающаяся в кровле, обрушается либо сама при обнажении в 6—10 кв. м, либо отбивается кайлом.

Рабочее пространство крепится деревом. Рамка призабойной крепи состоит из двух стоек и верхняка, располагаемого перпендикулярно линии забоя. В средней части лавы под консоли верхняка со стороны забоя подбиваются дополнительные стойки из распила. Расстояние между рамками 0,9 м. Плотность призабойной крепи—1,56 ст/м².

В качестве специальной крепи применялись кусты из деревянных стоек по 10—12 штук в каждом. Расход леса на 1000 т добычи составлял 51,5 м³. Впоследствии деревянные кусты были заменены кустами из металлических стоек СДТ по 7—9 шт. в каждом. Расход леса на 1000 т добычи снизился до 46,2 м³. Кусты устанавливаются параллельно линии забоя и переносятся после каждого цикла. Расстояние между центрами кустов 2,7 м.

Управление кровлей осуществляется способом полного обрушения пород (рис. 1).

Методика наблюдения

Для наблюдений за поведением кровли в средней части лавы по мере ее подвигания сооружались два ряда I и II замерных пунктов, располагаемых по простиранию пласта (рис. 1). Ряд I соответствовал участку лавы, где пласт вынимался на полную мощность, ряд II—на участке, где в кровле оставалась пачка угля толщиной 0,2—0,25 м. Расстояние между рядами I и II составляло 10 м.

При подвигании забоя на один цикл в обоих рядах закладывалось по одному замерному пункту на расстоянии 0,8 м от забоя. Замерный пункт состоял из деревянных реперов, вбитых в шпур, пробуренные в почве и кровле на глубину 0,4 м. Точка в почве располагалась под точкой в кровле. Замеры производились с помощью раздвижной измерительной стойки СУИ—2 с индикаторной головкой, позволяющей производить отсчеты при оседании кровли с точностью до 0,01 мм. Были произведены наблюдения за поведением пород кровли в зависимости от операций производственного цикла и установлен характер оседания кровли с удалением точек наблюдения от забоя. Для установления влияния выемки угля комбай-

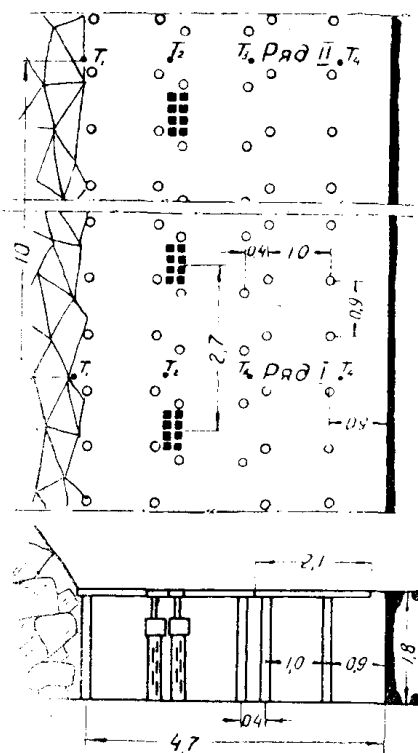


Рис. 1. Паспорт крепления лавы

ном на поведение пород кровли производились замеры скоростей оседания ее в точках, расположенных в рядах I и II на расстоянии 2,3 и 0,8 м от забоя.

В точках, расположенных на расстоянии 2,3 м от забоя, наблюдения за поведением кровли начинали производиться до подхода комбайна к точке наблюдения на расстоянии в 15—18 м от нее и заканчивались после прохода его на расстояние в 15—20 м. Отсчеты по индикатору брались через 2—5 мин. Это позволило установить влияние выемки угля на интенсивность оседания кровли.

В точке, расположенной на расстоянии 0,8 м от забоя, устанавливалась только средняя скорость оседания кровли при проходе комбайна. Общий характер оседания кровли при подвигании забоя устанавливался ежесуточными наблюдениями за смещением пород кровли в пунктах наблюдения рядов I и II.

Наблюдения проводились с 2.X по 10.X 1955 г.

Влияние выемки угля комбайном «Донбасс» на оседание кровли

В процессе выемки угля комбайном в лаве, как показали наблюдения, имеет место весьма интенсивное оседание кровли как впереди комбайна, так и позади его. На расстоянии 2,3 м от забоя впереди комбайна наблюдается увеличение интенсивности оседания кровли на расстоянии от него в 12—16 м, нарастающее с уменьшением этого расстояния с 0,8—3 до 9—15 мм/час. При этом происходит увеличение давления на призабойную и специальную крепи.

После прохода комбайна мимо точки наблюдения позади его возрастает величина обнаженного пространства кровли и интенсивность оседания кровли некоторое время продолжает увеличиваться. Наибольшая скорость оседания кровли наблюдается на расстоянии 2—4 м позади комбайна и составляет 9—21 мм/час. При дальнейшем движении комбайна оседание кровли позади его начинает уменьшаться и достигает величины, близкой к наименьшей, через 15—20 м (рис. 2),

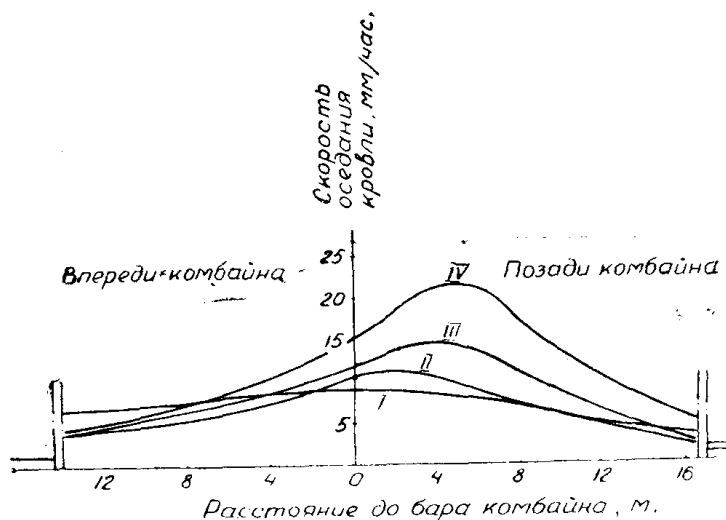


Рис. 2. Влияние выемки угля комбайном на скорость оседания кровли.
I—замеры 4.10.55 г.; II—замеры 5.10. 55 г.; III—замеры 6.10. 55 г.;
IV—замеры 7.10. 55 г.

в зависимости от скорости подвигания комбайна, состояния крепи и полноты обрушения пород в выработанном пространстве. Неполное удаление крепи в обрушенном пространстве увеличивает время интенсивного оседания кровли.

Пачка угля, остающаяся в кровле вследствие недостаточной высоты бара комбайна быстрее и при меньшей площади обнажения отделяется при более интенсивном оседании кровли.

Крепь ставится вслед за грузчиком комбайна, но отставание ее на 3 м не сопровождается вывалами кусков породы.

За время, необходимое для прохода комбайна мимо точки наблюдения, расположенной на расстоянии 0,8 м от забоя, и на постановку крепи в данном месте, оседание кровли составило от 18 до 34 мм, что соответствует средней скорости оседания за этот период от 4,7 до 14 мм/час.

Влияние переноски кустов на оседание кровли

Особенно интенсивное оседание кровли в очистном забое наблюдается за время переноски кустов и продолжается до обрушения пород непосредственной кровли за пределами поддерживаемого пространства. В это время кровля опирается только на призабойную крепь: специальная крепь некоторое время давления кровли не воспринимает, так как стойки в кустах устанавливаются без предварительного распора. Стойки призабойной крепи в это время несут большую нагрузку. Верхняки призабойной крепи на расстоянии 2,3 м от забоя сминаются до 50—60% толщины их или ломаются.

Скорость оседания пород на расстоянии 3, 6 м от забоя достигала 20—30 мм/час. В ряду I скорость оседания кровли с удалением от забоя увеличивается почти по прямой (рис. 3, линия I), а в ряду II нарастание происходит в уменьшающейся прогрессии (рис. 3, линия II).

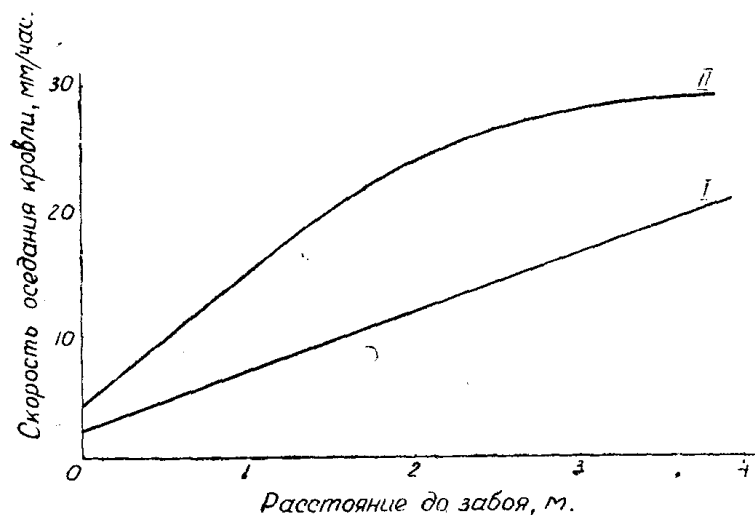


Рис. 3. Влияние переноски кустов на скорость оседания кровли.
I—участок лавы без пачки угля; II—участок лавы с пачкой угля

На основании такого распределения скорости оседания кровли можно предположить, что оно идет поворотом обломившейся консоли с шарниром по линии забоя. Оседание в результате влияния переноски кустов на расстоянии 2,3 м от забоя составляет 120—150 мм. Величина оседания кровли в 70—75 мм на этом расстоянии от забоя, что соответствует периоду времени от выемки угля до переноски кустов, не превышала допустимых деформаций кровли. Наблюдалось лишь смятие перекидов в призабойной крепи предыдущего цикла.

Сразу после переноски кустов величина оседания кровли переходит предел упругих деформаций пород и появляются трещины в кровле у забоя с незначительным смещением пород в рабочее пространство.

Величина оседания кровли, при которой происходит облом консоли пород непосредственной кровли у забоя, составляет 110—120 мм на расстоянии 2,3 м от забоя.

Характер оседания кровли по мере удаления от забоя показан на рис. 4.

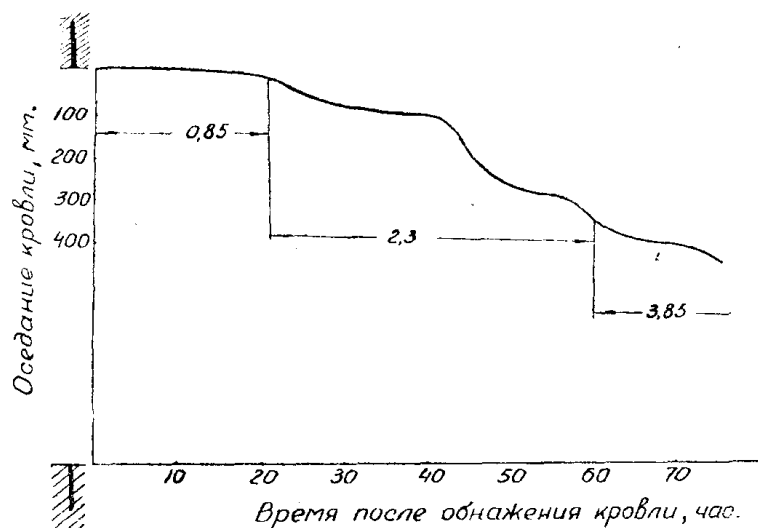


Рис. 4. Оседание кровли с удалением от забоя

Влияние оседания кровли на работу крепи

Когда непосредственно над пластом угля залегает слой легко обрывающихся пород, мощность которого недостаточна для того, чтобы при их обрушении произошло подбучивание вышележащего пласта трудно обрывающихся пород, различают два возможных случая работы крепи.

1. Происходит облом консоли непосредственной кровли над забоем под влиянием собственного веса. Считается, что основная кровля в этом случае на поведение непосредственной кровли влияния не оказывает, так как вылет консоли основной кровли не достиг величины, при которой происходит ее обрушение. Крепь рабочего пространства воспринимает только вес обломившейся консоли пород непосредственной кровли и работает в условиях заданной нагрузки.

В момент переноски специальной крепи нагрузка на одну стойку призабойной крепи составит:

$$P = \frac{h \gamma r}{n}, \quad (1)$$

где: P — нагрузка на одну стойку, m ;

h — мощность непосредственной кровли, m ;

γ — объемный вес пород, m/m^3 ;

r — коэффициент неравномерности распределения давления на стойки;

n — плотность установки призабойной крепи, cm/m^2 .

При работе крепи в условиях заданной нагрузки величина давления на стойку прямо пропорциональна мощности непосредственной кровли и обратно пропорциональна плотности установки крепи.

2. Принципиально иным будет случай, если произойдет облом основной кровли над забоем. Оседая, основная кровля будет оказывать очень большое давление на крепь, которая начнет деформироваться. При оседании обломившаяся консоль основной кровли не теряет связи с массивом пород, а происходит поворот ее вокруг оси, проекцией которой является точка O (рис. 5). Массив пород является одной из

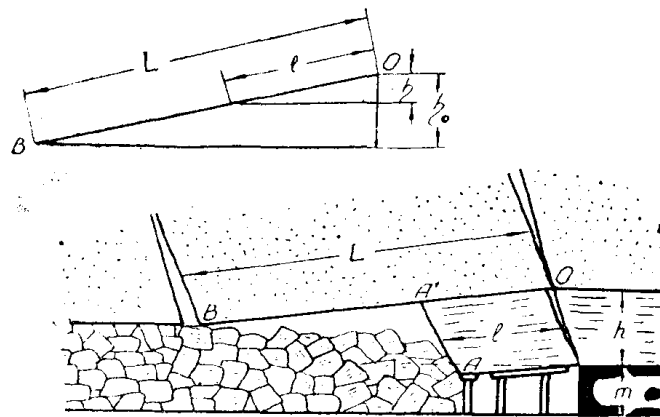


Рис. 5. Механизм оседания и обрушения пород

опор, которые поддерживают обломившуюся консоль. Другой опорой крепь служить не может, так как это потребовало бы от нее очень большой сопротивляемости; такой опорой будут являться обрушившиеся породы непосредственной кровли. Крепь будет деформироваться до тех пор, пока обломившийся блок основной кровли не встретит вторую опору. Это будут условия работы крепи в заданной деформации. После того, как кровля осядет на величину заданной деформации, крепь опять будет работать в условиях заданной нагрузки. Величина оседания η_0 основной кровли в точке B (рис. 5) будет зависеть от мощности пласта m , мощности пород непосредственной кровли h и степени их разрыхляемости k , или

$$\eta_0 = m - h(k - 1). \quad (2)$$

Оседание непосредственной кровли будет подчинено оседанию основной кровли. Мы делаем допущение, что, оседая, они поворачиваются на равный угол. Тогда величина оседания непосредственной кровли будет зависеть от тех же факторов, от которых зависит оседание основной кровли, а также от расстояния до забоя, и определится из следующего соотношения:

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{l}{L}, \text{ откуда по формуле (2)} \\ \eta = l \frac{m - h(k - 1)}{L}, \quad (3)$$

то есть величина оседания основной кровли при постоянных m , h и k будет прямо пропорциональна расстоянию до забоя l и обратно пропорциональна шагу обрушения основной кровли L .

В рассматриваемом нами случае мощность непосредственной кровли $h = 3$ м. Выше залегает мощный пласт песчаника. Вынимаемая мощ-

ность пласта $m = 1,8$ м. Шаг обрушения основной кровли $L \approx 9$ м. На расстоянии 3,9 м от забоя, соответствующем наибольшей величине консоли непосредственной кровли, величина оседания ее из условий заданной деформации будет

$$\eta = 3,9 - \frac{1,8 - 3(1,3 - 1)}{9} = 0,39 \text{ м или } 390 \text{ мм.}$$

Наибольшая величина оседания, наблюдаемая в лаве № 58 на таком расстоянии от забоя, составляла 401 мм.

Незначительность разницы величин оседания кровли, наблюдаемой и вычисленной по формуле (3), позволяет предположить, что в лаве имеет место работа крепи в условиях заданной деформации. На это же указывают наличие большого колебания скоростей и величин оседания кровли в отдельные дни и характер распределения скоростей оседания при переноске кустов. Поэтому мы и производим анализ работы крепи, основываясь на положениях, применимых к условиям заданной нагрузки и заданной деформации.

Рассмотрим как влияет изменение величин, входящих в формулу (3), на работу крепи.

Когда $h(\kappa - 1) < m$, обрушившиеся породы непосредственной кровли не будут подбучивать основную кровлю. В данном случае будет наблюдаться работа крепи как в условиях заданной нагрузки, так и в условиях заданной деформации. Чем меньше h , тем больше будет оседать основная кровля и тем сильнее будет сказываться ее оседание на состоянии крепи. Облом консоли пород непосредственной кровли незначительной мощности не вызывает затруднений с управлением ею.

Когда $h(\kappa - 1) = m$, оседание основной кровли может происходить только за счет дальнейшего уплотнения обрушившихся пород.

При $h(\kappa - 1) > m$ оседание основной кровли будет весьма незначительным, так как при обрушении пород непосредственной кровли произойдет полное подбучивание вышележащих слоев. Таким образом, увеличение мощности пород непосредственной кровли уменьшает влияние оседания основной кровли.

Однако при возрастании мощности непосредственной кровли будет увеличиваться нагрузка на крепь при работе ее в условиях заданной нагрузки, так как при обломе консоли непосредственной кровли у забоя увеличение давления на стойки будет прямо пропорционально мощности непосредственной кровли (формула 1).

Рассмотрим сочетания призабойной и специальной крепей, применявшихся в условиях рассматриваемой лавы.

Деревянные кусты и деревянная призабойная крепь

В данном случае характеристики призабойной и специальной крепей сходны: весьма большая сопротивляемость и жесткость деревянных стоек в рамках и в кустах. Податливость возможна лишь за счет смятия перекладов или вдавливания стоек в почву.

В условиях заданной нагрузки для поддержания обломившейся консоли пород непосредственной кровли деревянные кусты вполне соответствуют требованиям обрушения пород над рядом специальной крепи, обладающей большой жесткостью и сопротивляемостью. В условиях заданной деформации наличие больших оседаний кровли при-

водит к зажиму кустов, что затрудняет их разборку, и к нарушению призабойной крепи: смятие и поломки верхняков, выворачивание из-под них стоек и поломки стоек. В крепи предыдущего цикла поломки верхняков в отдельные дни достигали 30%, переломы стоек—15% от их общего количества. Над кустами часто происходят местные нарушения кровли. Для удобства разборки кустов и для обнаружения опасных величин сдвижения кровли приходится оставлять за рядом специальной крепи так называемую контрольную дорожку, поддержание которой увеличивает необрушенную консоль пород на 1 м и более. Это очень затрудняет возможность повторного использования леса призабойной крепи.

Таким образом, применение деревянной призабойной и специальной крепей при больших оседаниях пород, т. е. в условиях заданной деформации, следует считать нерациональным, как не отвечающим требованиям, предъявляемым к крепям.

Кусты из металлических стоек и деревянная призабойная крепь

В настоящее время в очистных выработках шахт Ленинского района металлические стойки применяются лишь в качестве специальной крепи—кустов в сочетании с деревянной призабойной крепью. Используются типы стоек с возрастающим сопротивлением при податливости (СГК и СДТ). Характеристика стоек в кусте определяется быстрым нарастанием сопротивляемости при незначительной осадке. Кусты из стоек СДТ являются податливыми и при эксплуатации их не наблюдается ни деформаций стоек, ни нарушений кровли над кустами. Сопротивляемость кустов также вполне достаточна для достижения обрушения пород непосредственной кровли за рядом специальной крепи. Применение в качестве специальной крепи кустов из металлических стоек по своей сопротивляемости вполне эффективно для условий заданной нагрузки, а по податливости удовлетворяет условиям заданной деформации.

Деревянная призабойная крепь необходимой податливостью не обладает. Будучи более жесткой, чем специальная, она с удалением от забоя несет все возрастающую нагрузку и повреждается. Увеличение диаметра стоек в данном случае увеличивает расход леса на единицу добычи, но значительного улучшения в состоянии кровли не достигается.

Таким образом, сочетание кустов из металлических стоек и деревянной призабойной крепи следует считать нерациональным, ввиду жесткости деревянных стоек призабойной крепи.

На основании произведенных наблюдений за движением пород кровли и применяя разделение работы крепи на работу в условиях заданной нагрузки и заданной деформации, определим рациональные характеристики крепей для условий рассматриваемой лавы.

Определение рациональной характеристики специальной крепи

Специальная крепь служит режущей опорой при обрушении кровли за пределами поддерживаемого пространства и не допускает распространения обрушения на рабочее пространство, закрепленное призабойной крепью [2].

Исследуя работу крепи, Кузнецов Г. Н. отмечает, что для достижения облома пород основной кровли над органной крепью требуется в большинстве случаев очень высокая несущая способность специальной крепи наряду с весьма малой податливостью системы „крепь—

почва". Удовлетворение этих требований во многих случаях очень затруднительное и потребовало бы конструктивно очень тяжелых специальных крепей. Далее автор отмечает, что в некоторых случаях облом основной кровли над забоем не вызывает особых затруднений в управлении кровлей, если в непосредственной кровле залегает толща легкообрушаемых пород, мощность которой меньше 6—8-кратной мощности пласта, выше же залегает порода, которая обрушается лишь после значительной площади обнажения. Обрушение основной кровли над забоем позволяет применить более легкие специальные крепи. Это возможно, если крепь будет податливой, так как нагрузка на нее возрастает с уменьшением податливости.

Таким образом, применением податливой специальной крепи достигается возможность управлять кровлей при обломе над забоем основной кровли.

Резкого чередования условий заданной нагрузки и заданной деформации при подвигании очистного забоя не наблюдается, хотя из наблюдений за поведением кровли ясно, что оседание основной кровли в разные дни весьма различно влияет на оседание непосредственной кровли. Поэтому величину податливости специальной крепи следует принимать по наибольшей суточной величине оседания кровли на расстоянии 2,3 м от забоя. Для условий лавы № 58 это составляет 180—200 мм. По рабочим характеристикам это могут быть крепи типов органических тумб ОК, ОКУ, МОК.

Определение рациональной характеристики призабойной крепи

Призабойная крепь предназначена для предохранения рабочего пространства от выпадения отдельных кусков и блоков пород непосредственной кровли; при способе полного обрушения пород применяется только совместно со специальной крепью.

Шаг передвижки стоек призабойной крепи при подвигании очистного забоя значительно больше и равен примерно 2,4 м. Наибольшее расстояние стоек от забоя равно примерно 3,7 м.

Оседание кровли при условиях заданной деформации определяется по формуле (3) и для наших условий $\eta = 370$ мм. Применительно к такой величине оседания кровли и должна выбираться податливость стоек призабойной крепи.

Податливость крепи находится в прямой зависимости от величины оседания кровли в поддерживаемом пространстве, оставаясь меньше ее за счет смятия верхняков и вдавливания стоек в почву. Соотношение между ними подлежит выяснению, на что впервые обратил внимание проф. Цимбаревич П. М. [5].

Сопrotивляемость стоек должна быть такой, чтобы призабойная крепь могла поддерживать непосредственную кровлю. Величину сопротивляемости стоек определяем по формуле (1). В наших условиях, когда $\gamma = 2,2$, $h = 3$ м, $n = 1,56$ т/м², $r = 2$ [1], $P = 8,6$ т.

Незначительная сопротивляемость и большая требуемая податливость дают возможность определить, что в данных условиях в качестве призабойной крепи целесообразно применение металлических стоек облегченного типа с весьма большой податливостью при невысокой сопротивляемости. Это могут быть стойки, имеющие рабочие характеристики типа стоек ТС или СТ постоянного сопротивления.

Выводы

В результате произведенных наблюдений за поведением пород кровли и анализа работы крепи можно сделать следующие выводы

1. Выемка угля комбайном вызывает интенсивное оседание кровли на участке лавы в 25—35 м: впереди комбайна влияние выемки сказывается на расстоянии 12—16 м; позади—на расстоянии 15—20 м. Наиболее интенсивное оседание кровли происходит при переноске специальной крепи.

2. Наблюдения за поведением пород в лаве позволяют сделать вывод, что крепь работает то в условиях заданной нагрузки, то в условиях заданной деформации, на что указывает наличие больших оседаний кровли в отдельные дни.

3. Увеличение мощности непосредственной кровли уменьшает влияние оседания основной кровли на рабочее пространство; уменьшает величину оседания и требует увеличения сопротивляемости крепи.

4. Увеличение шага обрушения основной кровли благоприятно сказывается на состоянии непосредственной кровли, уменьшая величину оседания ее на единицу расстояния от забоя.

5. Применение деревянной призабойной и деревянной специальной крепей удовлетворяет требованиям состояния кровли в условиях значительной мощности непосредственной кровли и нерационально в условиях больших оседаний, т. е. в условиях заданной деформации.

6. Кусты из металлических стоек СДТ по своей рабочей характеристике могут применяться как в условиях заданной нагрузки, так и в условиях заданной деформации, но использование в сочетании с ними деревянной призабойной крепи нерационально в связи с малой податливостью деревянных стоек.

7. В случае работы крепи в условиях заданной деформации, что имеет место в лаве № 58 пласта Толмачевского, следует применять податливые крепи.

8. Податливость крепи следует принимать с учетом работы ее в условиях заданной деформации, а сопротивляемость—в условиях заданной нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Г. Н. О механизме взаимодействия боковых пород и крепи в очистных выработках пологопадающих пластов, Углетехиздат, 1954.
 2. Коржигов М. И. Посадочная крепь, Углетехиздат, 1955.
 3. Цимбаревич П. М. Механика горных пород, Углетехиздат, 1948.
 4. Авершин С. Г. Расчет сдвижения горных пород, Metallurgizdat, 1950.
 5. Цимбаревич П. М. К теории горного давления в угольной лаве. Научные труды Московского горного института, Сборник № 11, 1953.
-