УДК 622.831.327: 622.236.001.14

С.Г.БАРАНОВ, *д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник, baranovsg09@rambler.ru*
М.А.РОЗЕНБАУМ, *д-р техн. наук, заведующий лабораторией, rozenbaum_ma@spmi.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

S.G.BARANOV, *Dr. in eng. sc., leading research assistant, baranovsg09@rambler.ru*
M.A.ROZENBAUM, *Dr.in eng. sc., laboratory head, rozenbaum_ma@spmi.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

МЕХАНИЗМ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МЕХАНИЗИРОВАННУЮ КРЕПЬ ПОРОД КРОВЛИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ РАЗРУШЕНИЯ ЕЕ НАД ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ

Рассмотрены три основные схемы разрушения кровли над призабойным пространством лавы при ведении очистных работ, охватывающие все многообразие механизмов взаимодействия крепи с кровлей. Даны зависимости для определения необходимого номинального сопротивления механизированной крепи применительно к схемам разрушения кровли.

Ключевые слова: кровля, схемы разрушения, механизированная крепь, номинальное сопротивление, механизм взаимодействия крепи и кровли.

MECHANISM OF INFUENCE ON THE POWERED ROOF SUPPORT OF ROCKS UNDER DIFFERENT SCHEMES OF ITS FAILURE ABOVE THE MINED-OUT SPACE

The paper considers three basic schemes of roof failure above the face bottom of long-wall during mining operations covering the whole diversity of mechanisms of support-roof interaction. The relationships are given for the determination of required rated resistance of the powered support with reference to the schemes of roof failure.

Key words: roof, schemes of failure, powered support, rated resistance, mechanism of support-roof interaction.

При ведении очистных работ породы, залегающие над пластом, разрушаются по мере отработки угольного пласта. Характер и интенсивность деформирования зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются: вынимаемая мощность пласта, состав, строение и прочностные характеристики отдельных слоев кровли, скорость подвигания очистного забоя, номинальное сопротивление механизированной крепи, нагрузочные свойства кровли, класс боковых пород. В совокупности они определяют схему разрушения пород кровли над очистным пространством и механизм воздействия их на параметры взаимодействия механизированной крепи и кровли. В свою очередь, для каждой схемы существует оптимальное номинальное сопротивление механизированной крепи, при котором в лаве обеспечивается надежное поддержание кровли и безопасное ведение очистных работ.

Как показывает опыт ведения очистных работ, над призабойным пространством могут образоваться различные схемы взаимодействия крепи и кровли. Их большое множество [3]. Рассчитать номинальное сопротивление для каждой из них практически невозможно. Проведенный анализ всевозможных схем взаимодействия крепи с кровлей позволяет выделить три основные схемы, охватывающие весь диапазон условий залегания пологих пластов. Каждая из них соответствует определенному типу пород.

Первая схема характеризуется тем, что над пластом на расстоянии не менее $m_в + 3$ м залегают легко обрушающиеся слои пород, с которыми крепь взаимодействует при ведении очистных работ (здесь $m_в$ – вынимаемая мощность пласта). Прочность их не превышает 5 МПа. В зависимости от мощности пласта их можно отрабатывать механизированными крепями первого и второго уровня сопротивления (350-700 кН/м^2). Эта схема характерна для легких по нагрузочным свойствам кровлей. Введем индекс Л – легкая [1].

Вторая схема имеет место, когда на расстоянии от пласта менее $m_в + 3$ м залегают слои прочных пород $\sigma \geq 500$ Н/см^2, которые зависают за крепью на значительных расстояниях и при обрушении вызывают повышенные нагрузки на крепь. Мощность их превышает двукратную вынимаемую мощность пласта (слоя). Чем ближе прочный слой находится к пласту, тем воздействие на крепь при обрушении больше. Самым неблагоприятным вариантом является тот, когда прочные слои залегают непосредственно над пластом. Эта схема включает кровли, которые по нагрузочным свойствам относятся к категории тяжелых. При обрушении они интенсивно воздействуют на крепь [2]. Введем индекс Т.

Третья схема существенно отличается от двух первых. Она характеризуется тем, что над пластом залегают мощные и прочные породы (песчаники, крепкие алевролиты). Прочность их на одноосное сжатие может изменяться от 700 до 2000 Н/см^2. Общая мощность пород превышает вынимаемую мощность пласта в десятки раз. Вследствие этого залегающие над пластом прочные породы за крепью в выработанном пространстве не обрушаются. Длина консоли зависающих пород составляет 200 м и более. В выработанном пространстве зависающая плита, прогибаясь, своим задним концом опирается на почву пласта или на обрушившиеся нижние слои пород. Передним концом она опирается впереди забоя на угольный пласт. Механизированная крепь в этом случае поддерживает сравнительно небольшой объем отслоившихся пород. Для эффективного управления кровлей в очистном забое достаточно иметь крепь с номинальным сопротивлением первого уровня. Вместе с тем из-за изгиба плиты впереди забоя над пластом возникает две зоны. Одна из них расположена в массиве пласта ближе к линии забоя, характеризуется высоким напряжением пласта, возникающим от веса переднего конца зависающей плиты. Вторая зона из-за изгиба плиты выпуклой частью вверх характеризуется пониженным давлением на пласт. Далее в глубь массива расположена зона опорного давления.

Давление от указанных зон через пласт передается на почву. Если в этом случае непосредственно под пластом залегает прочный слой пород небольшой мощности, а ниже его расположены пластичные породы, то при приближении забоя к указанным зонам в почве пласта происходит разлом прочного слоя почвы в призабойном пространстве лавы. При этом разрушение его происходит мгновенно с выделением большого количества упругой энергии. Описанные случаи наблюдались на шахте «Баренцбург» при отработке угольного пласта мощностью около 1,4 м. Сила воздействия была такой, что очистной комбайн, попавший в зону разлома, отбросило на несколько метров в сторону. Примем индекс условий ЛТ (легкая для крепи и тяжелая для угольного забоя).

Нагрузочные свойства кровли оцениваются воздействием расположенных над крепью пород, взаимодействующих с крепью при ведении очистных работ. Воздействие зависит от схемы разрушения слоев и механизма взаимодействия их с крепью. Проведено сопоставление реакции крепи с весом пород, расположенных над крепью, при различных схемах разрушения. Показателем этого соотношения является коэффициент сопротивления крепи $K_с$, являющийся проверочным параметром правильности определения сопротивления механизированной крепи:

$$K_с = P_{ср} / Q, \qquad (1)$$

где $P_{ср}$ – фактически измеренный уровень реакции крепи, кН/м^2; Q – вес пород в объеме столба сечением 1 м^2 и высотой, равной мощности взаимодействующих с крепью пород $m_{вз}$, кН; $Q = m_{вз}\gamma$; γ – средний удельный вес пород, $\gamma = 25$ кН/м^3.

В условиях мелкоблочного разрушения пород (первая схема) эффективное управление кровлей обеспечивается при значении коэффициента сопротивления крепи $K_c \geq 0{,}4$. В этом случае над крепью из блоков разрушенных пород образуются временные устойчивые арочные структуры, обладающие собственной несущей способностью. При крупноблочном разрушении пород (вторая схема) эффективное управление кровлей обеспечивается при $K_c \geq 0{,}7$. При третьей схеме разрушения величина $K_c \geq 0{,}4$.

На основания анализа результатов длительных исследований, проведенных в различных горно-геологических условиях, установлено, что номинальное сопротивление механизированной крепи в ньютонах на квадратный метр для всех рассматриваемых схем может быть определено из выражения

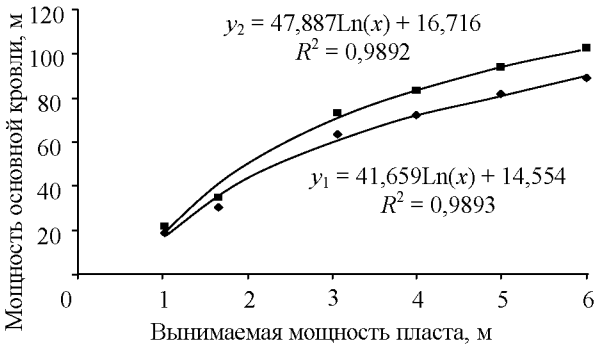
$$P_н = P_{н_1} + P_{н_2} + P_{н_3}, \qquad (2)$$

где $P_{н_1}$ – минимально допустимое сопротивление механизированной крепи в условиях легкой кровли при вынимаемой мощности пласта $m_в = 1{,}0$ м, $P_{н_1} = 350$ кН/м^2; $P_{н_2}$ – та часть номинального сопротивления механизированной крепи, которая зависит от нагрузочных свойств кровли, $P_{н_2} = 250\Delta C_m$; $P_{н_3}$ – та часть номинального сопротивления механизированной крепи, которая зависит от вынимаемой мощности пласта, $P_{н_3} = 100(m - 1)$; ΔC_m – приращение коэффициента тяжести кровли в конкретных горно-геологических условиях; m – безразмерный коэффициент, численно равный вынимаемой мощности пласта, выраженной в метрах.

Мерой тяжести кровли является коэффициент C_m. Величина ΔC_m позволяет определить, на сколько необходимо увеличить номинальное сопротивление крепи по сравнению с легкими кровлями, чтобы исключить деформации крепи при обломе зависающих пород,

$$\Delta C_m = 0{,}4(h_{л.о} - h_ф), \qquad (3)$$

где $h_{л.о}$ – минимально допустимая мощность легко обрушающихся пород кровли, при которой последняя относится по нагрузочным свойствам к легкой, $h_{л.о} = m_в + 3$ м; $h_ф$ – фактическая мощность легко обрушающихся



Взаимосвязь между вынимаемой мощностью пласта и мощностью основной кровли

y_1 – измеренные значения; y_2 – то же с учетом коэффициента запаса

пород, залегающих над пластом, которая при значении, превышающем $h_{л.о}$, принимается равной этому значению; в этом случае величина ΔC_m становится равной нулю, а кровля из категории тяжелых переходит в легкие.

Анализ результатов исследований позволил построить зависимости изменения мощности основной кровли при увеличении вынимаемой мощности пласта от 1 до 6 м для условий пологих пластов Кузбасса по фактически измеренным величинам. Как видно из рисунка, между рассматриваемыми величинами существует тесная связь.

Представленная зависимость (2) учитывает значения мощности основной кровли, показанные на рисунке, и позволяет определять необходимое номинальное сопротивление механизированной крепи при отработке пологих пластов на полную мощность от 1 до 6 м одним слоем.

Итак, наряду с распространенными схемами взаимодействия механизированных крепей с кровлей (первая для легких, вторая для тяжелых кровель) существует третья схема, в которой тяжелые мощные слои прочных пород (песчаников, алевролитов) не обрушаются за крепью, а зависают на большом расстоянии от забоя и передают свой вес и вес залегающих над ними пород на угольный пласт впереди забоя и на почву пласта на значительном расстоянии от него. С крепью в этом случае взаимодействуют только нижние слои сравнительно небольшой мощности, отслоившиеся от остальной части. Необходимое сопротивление крепи оказывается примерно равным случаю залегания над пластом легких

кровель. Третья схема взаимодействия, характерная для условий шахты «Баренцбург», в условиях России встречается редко. Однако аналогичная ей схема может иметь место, когда длина лавы меньше половины первичного шага обрушения залегающих над пластом песчаников (алевролитов). В этом случае прочные слои основной кровли опираются на целики угля, расположенные у выемочных штреков, и передают на них свой вес. Как показывают исследования, механизированная крепь в этих условиях работает в течение выемочного цикла на уровне сопротивления начального распора.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баранов С.Г.* Физическая модель взаимодействия мехкрепи с кровлей при активном управлении ею // Горное давление, горные удары и сдвижение массива / ВНИМИ. СПб, 1996. С.143-147.

2. *Баранов С.Г.* Результаты исследований изменения параметров нагружения гидростоек крепи М 142 при осадках / С.Г.Баранов, С.В.Поляков, А.Н.Галаев // Управление горным давлением и прогноз безопасных условий освоения угольных месторождений / ВНИМИ. Л., 1991. С.116-121.

3. *Орлов А.А.* Крепление и управление кровлей в комплексно-механизированных забоях / А.А.Орлов, С.Г.Баранов, Б.К.Мышляев. М.: Недра, 1993. С.143-165.

REFERENCES

1. *Baranov S.G.* Physical model of support-roof interaction in its active control // Rock pressure, rock bursts and rock mass movement / VNIMI. Saint Petersburg. 1996. P.143-147.

2. *Baranov S.G., Polyakov S.V., Galaev A.N.* Results of investigations of Changes in Loading Parameters of Hydraulic Props of the M 142 Support in Subsidence // Rock pressure Control and Prediction of Safe Conditions in Exploration of coal Deposits / VNIMI. Leningrad, 1991. P.116-121.

3. *Orlov A.A., Baranov S.G., Myshlyaev B.K.* Roof support and its control in the integrated powered faces. Moscow: Nedra, 1993. P.143-165.