

УДК 622.28.043.323

## Экспертная оценка выбора крепежной и охранной систем повторно используемых выработок при отработке пласта $c_8^H$

Приведено геомеханическое обоснование рациональных конструкций крепежной и охранной систем поддержания выемочных выработок при отработке угольных пластов в слабых углевмещающих породах.

**Ключевые слова:** выемочная выработка, крепь, охрана, горное давление, слабые породы.

**Контактная информация:** kovalevska\_i@yahoo.com

Одна из основных особенностей ведения горных работ по пласту  $c_8^H$  – надработка при выемке вышележащих пластов  $c_9$  и  $c_{10}^B$ . Расстояния между указанными пластами по вертикали изменяются в достаточно узком диапазоне (22–28 м) при залегании в междупластьях преимущественно слабых пород с коэффициентом крепости по Протодюяконову  $f = 1...2$  при периодическом появлении более крепкого песчаника ( $f = 3...6$ ) разной мощности (рис. 1). Песчаник, угольные пласты и пропластки обводнены и являются основным источником поступления шахтных вод в очистные забои и выемочные выработки. Этому способствует и умеренная трещиноватость песчаников (3–5 трещин на 1 м), и сильная трещиноватость угольных пластов (18–25 трещин на 1 м). Аргиллиты и алевролиты преимущественно горизонтально-слоистые, часть которых – это неустойчивые породы, резко снижающие прочностные характеристики при увлажнении и склонные к пучению. Контакты между смежными литологическими разностями слабые и легко теряют сцепление при обнажении или интенсивных деформациях массива.

Исходя из изложенного можно прогнозировать неустойчивое состояние надработанного междупластья при его подработке с интенсивным расслоением и образованием обширных зон разупрочненного массива. Однако вывод о существенном влиянии надработки на устойчивость выемочных выработок пласта  $c_8^H$  преждевременный. Главная причина заключается в достаточной мощности междупластья (24–27 м), которая «поглощает» возмущения горного давления при ведении очистных работ в вышележащем пласте. Обоснование тому – аналогичные исследования по определению степени влияния прохождения лавы по пласту  $c_{10}^B$  на устойчивость выемочных штреков пласта  $c_9$ ; в условиях примерно одинаковой горно-геологической ситуации не выявлено скольких-нибудь существенного влияния надработки при исследовании методом вычислительного эксперимента. Такие же результаты получены в достаточно равноценных горно-геологических усло-



**И. А. КОВАЛЕВСКАЯ,**  
доктор техн. наук  
(Национальный горный университет)



**Г. А. СИМАНОВИЧ,**  
доктор техн. наук  
(Национальный горный университет)



**М. В. БАРАБАШ,**  
инж.  
(ООО «ДТЭК»)

виях надработки выработок на других шахтах Западного Донбасса. Поэтому можно вполне обоснованно предположить локализацию возмущений горного давления в пределах мощности междупластья и исключить влияние надработки при очистной выемке вышележащих угольных пластов.

Еще одна особенность – изменчивость геологического

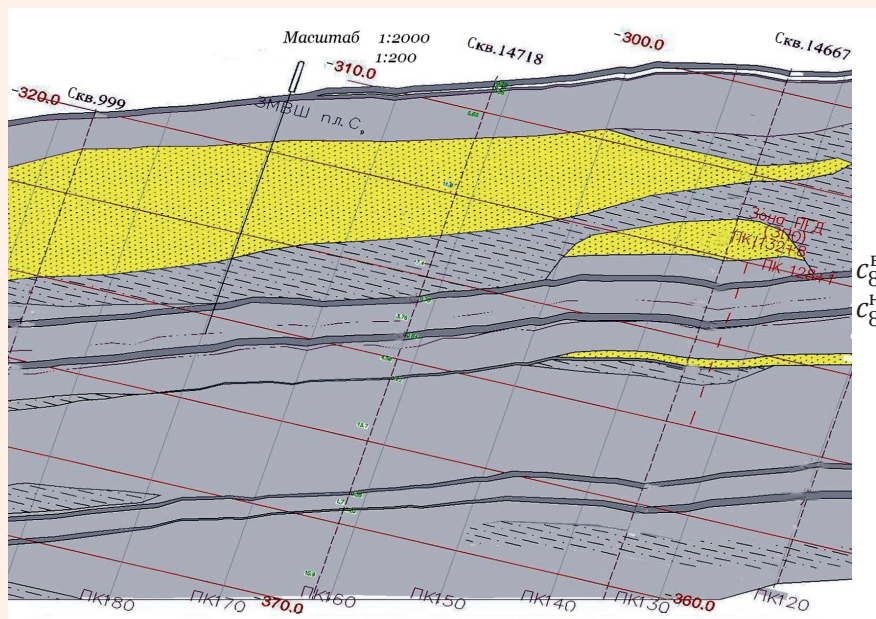


Рис. 1. Фрагмент горно-геологического разреза участка с наиболее неустойчивым состоянием пород кровли в районе размещения 861-го сборного штрека.

строения углевещающей толщи по длине выемочного столба 861-й лавы, причем вариация структуры касается в основном пород кровли пласта  $c_8^H$ . Поэтому важное значение имеет оценка структуры надугольной толщи по длине выемочного столба с целью выявить опасные участки 861-го сборного штрека с точки зрения прогнозирования наиболее интенсивных проявлений горного давления.

Согласно горно-геологическому прогнозу по выемочному столбу, например 861-й лавы, в технической документации выделено несколько зон повышенного горного давления (ПГД), в которых, очевидно, будет развиваться наиболее неблагоприятная ситуация в отношении устойчивости 861-го сборного штрека. Проанализировав горно-геологический разрез, обратим внимание на следующее.

Практически по всей длине выемочного столба 861-й лавы наблюдается достаточно выдержанное залегание угольных пластов  $c_8^H$  и  $c_8^B$  с относительно небольшим колебанием мощности междупластья (аргиллит) в пределах 3,6–3,85 м. Сопротивление сжатию аргиллита в образце  $\sigma_{СЖ} = 9...20$  МПа, но, заключенный между двумя угольными пластами, он, скорее всего, будет увлажнен со снижением прочности в 2–2,5 раза согласно нормативному документу [1]. С учетом трещиноватости аргиллита и его склонности

к ползучести [2] расчетное сопротивление сжатию  $R_{СЖ}$  снижается в 4–5 раз, составляя 2–5 МПа.

Указанная низкая прочностная характеристика, наличие осложнений и слабый контакт с угольными пластами  $c_8^H$  и  $c_8^B$  позволяют прогнозировать неустойчивое состояние аргиллита (представляющего непосредственную и нижнюю часть основной кровли), который будет обрушаться сразу после его обнажения. К этой мощности неустойчивых пород следует добавить и мощность весьма трещиноватого угольного паста  $c_8^B$  ( $m = 0,66...0,8$  м); тогда общая высота вероятного свода обрушения составит 4,3–4,65 м. С точки зрения вертикальной нагрузки на крепежную систему

861-го сборного штрека вес указанного объема пород создаст давление 100–110 кПа, что эквивалентно нагрузке 450–500 кН на 1 м погонной длины выработки и соответствует границе максимальной несущей способности крепей серии КШПУ. Таким образом, даже без учета влияния очистных работ, рамная крепь нуждается в усилении другими крепежными элементами.

В основной кровле пласта  $c_8^H$  наблюдается более значительное изменение структуры по длине выемочного столба 861-й лавы с весьма существенным колебанием мощностей литотипов угля и их замещением. В нижней части выемочного столба под мощным песчаником (4,3–15,6 м) залегает алевролит мощностью 5,2–9,1 м с замещением его аргиллитом мощностью до 5,5 м. С одной стороны, вышележащий песчаник служит источником увлажнения аргиллита и алевролита, но, вероятно, только на некоторую часть их мощности, так как, ввиду свойств водоупорных пород, часть мощности аргиллитов и алевролитов остается в естественно-влажном состоянии без потери прочностных свойств. С другой стороны, достаточно крепкий песчаник ( $\sigma_{СЖ} = 30...60$  МПа) благодаря своей мощности способен ограничить сдвижение надугольной толщи, особенно если это касается объема породного массива над 861-м сборным штреком (на границе выемочного столба). Под

защитой песчаника можно спрогнозировать относительно устойчивое состояние нижележащих аргиллита и алевролита.

Таким образом, в нижней части выемочного столба отсутствует развитие свода предельного равновесия (над 861-м сборным штреком) выше пласта  $c_8^B$ . Исключение составляет участок замещения аргиллита и алевролита в районе ПК185–ПК195, где вполне вероятно отслоение аргиллита мощностью до 1 м и пригрузка за счет этого крепежной системы до 20–23 %. В верхней части выемочного столба в основной кровле пласта  $c_8^H$  залегает аргиллит достаточно большой мощности (до 8,6 м) и алевролит (до 7,2 м) под защитой песчаника со средней мощностью 2 м. Эта часть пород основной кровли прогнозируется устойчивой на боковой границе выемочного столба в районе размещения 861-го сборного штрека.

По нашему мнению, наименее устойчивое состояние основной кровли возможно на участке ПК128+1–ПК132+8, который находится в районе периодического замещения алевролита обводненным песчаником. Здесь выше пласта  $c_8^B$  располагается слой аргиллита средней мощностью 2,5 м и песчаника (до 2,5–3 м), но на периферийном участке песчаника линзообразной формы. Сцепление между слоями слабое, а слой аргиллита увлажнен двумя водоносными литотипами (снизу – пласт  $c_8^B$ , сверху – песчаник). Его низкие прочностные характеристики с учетом действия ослабляющих породу факторов позволяют спрогнозировать неустойчивое состояние с возможной пригрузкой крепежной системы 861-го сборного штрека до 50–60 %. К тому же существует вероятность неустойчивого состояния песчаника на краю своей линзы, что увеличивает возможную пригрузку крепежной системы вдвое с распространением свода предельного равновесия пород до 9–10 м. Такие нагрузки, очевидно, потребуют применения глубинного упрочнения массива с использованием канатных анкеров и создания крепежной системы высокой несущей способности.

Схема крепления и охраны 861-го сборного штрека показана на рис. 2. Она имеет как общие, так и отличительные особенности в сравнении с паспортном поддержании (базовой схемой), что обусловлено следующими соображениями.

*Во-первых*, оценен оригинальный способ охраны выработки, предусматривающий установку на берме штрека только одного ряда де-

ревянных стоек органной крепи небольшого диаметра (10–12 см); он приближен к контуру выработки на расстояние 0,7–1 м. Какие-либо другие охранные конструкции (например, костры, литые полосы) отсутствуют. Безусловно, невысокая несущая способность данного способа охраны предполагает его кратковременную работу в жестком режиме на ближнем участке позади лавы с основной задачей способствовать (провоцировать) обрушению непосредственной кровли и нижних слоев основной.

Предварительная оценка показывает, что одинарный ряд органной крепи способен противостать обрушению кровли до угольного пласта  $c_8^B$  включительно. Дальнейшее развитие опускания основной кровли (по мере отхода лавы) приводит к смятию (разрушению) одинарного органного ряда, но уже на некотором расстоянии позади очистного забоя. В то же время мощности обрушенных пород (включая пласт  $c_8^B$ ) вполне достаточно [3, 4] для создания активного подпора вышележащим слоям основной кровли, т. е. формируется подобие бутовой полосы обширных размеров, которая и противодействует в дальнейшем вертикальному горному давлению.

*Во-вторых*, для удержания пород основной кровли на высоту зоны шарнирно-блокового сдвижения в приконтурной части массива со стороны выработанного пространства предусмотрена установка крепи усиления между рамами трех рядов боковых деревянных стоек. Их ограниченно-податливый режим работы способствует обрушению породных консолей в слоях выше пласта  $c_8^B$  и, тем самым, снижению концентрации как вертикального, так и бокового горного давления в районе размещения выработки.

*В-третьих*, альтернативой напрямую противодействию вертикальным нагрузкам является упрочнение пород кровли комбинированными анкерными системами, позволяющими, с одной стороны, «изъять» часть породного массива из процесса формирования нагрузки на рамную крепь, а с другой – создать армопородную конструкцию высокой несущей способности, противодействующую горному давлению. При этом рекомендуемое сочетание сталеполимерных и канатных анкеров предполагает создание в кровле армопородной плиты мощностью до 6 м, которая (даже при разбиении кровли на блоки) способна воспринять нагрузку, многократно



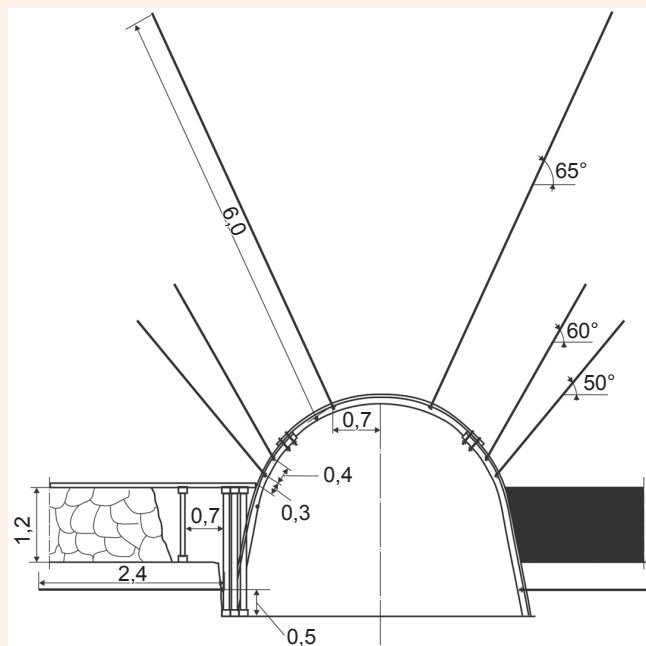


Рис. 2. Рекомендуемая схема поддержания 861-го сборного штрека. Размеры в метрах.

превышающую несущую способность рамной крепи, что повышает устойчивость поддерживаемой выработки.

В-четвертых, параметры расположения анкерной системы (см. рис. 2) призваны выполнить такие задачи:

- создать грузонесущую распорную систему, опирающуюся на породный массив за пределами ширины выработки и защищающую ее от чрезмерного горного давления;
- предусмотреть для «выноса» опор грузонесущей конструкции за пределы ширины выработки определенные углы наклона сталеполлимерных и канатных анкеров с таким расчетом, чтобы упрочнить породные объемы над боковыми стойками крепи усиления и рядом органной крепи; тогда не будут «обвыгиваться» деревянные стойки и наиболее вероятное обрушение породных консолей произойдет за границей (по вертикали) ряда органной крепи, а в кровле выработки сохранится относительно монолитная породная балка (плита);
- использовать канатные анкеры, соединенные гибкими подхватами [5] с периферийной частью верхняков рамы, которые резко увеличивают несущую способность последних и позволяют обеспечить их устойчивость в районе окна лавы при демонтаже стоек рамы – это

позволит отказаться от центральных стоек крепи усиления;

- применить боковые горизонтальные анкеры в непосредственной почве угольного пласта  $c_8^H$  (по глубине нижней подрывки штрека) для упрочнения породных объемов слабой почвы и создания более жестких опор грузонесущей плиты в кровле; кроме того, боковые анкеры в непосредственной почве угольного пласта способствуют снижению интенсивности пучения как одного из факторов потери площади сечения штрека.

**Выводы.** Разработана обобщенная схема поддержания выемочных выработок, в которой раскрыт механизм взаимовлияния основных грузонесущих элементов крепежной и охранной систем и их взаимодействие с приконтурными породами, что позволяет управлять нагружением рамной крепи в процессе деформирования и обрушения пород непосредственной и основной кровли вдоль охраняемой выработки.

Оптимизация конструктивных параметров крепежной и охранной систем, включающих комбинацию упрочнения приконтурных пород сталеполлимерными и канатными анкерами, а также их соединение с крепью типа КШПУ гибкими продольными связями с пространственно-податливыми узлами позволяет снизить материальные и трудовые затраты как при сооружении выемочных выработок, так и при их эксплуатации за счет вовлечения боковых пород в противодействие проявлениям горного давления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів охорони: СОУ 10.1.00185790.011:2007. – Донецьк: ДонВУГІ, 2008. – 114 с. – (Нормативний документ Мінвуглепрому України. Стандарт).
2. Усаченко Б. М. Геомеханіка охорони виробок в слабометаморфізованих породах / Б. М. Усаченко, В. Н. Чередниченко, І. Е. Головачанський. – К.: Наук. думка, 1990. – 144 с.
3. Савостьянов А. В. Управление состоянием массива горных пород / А. В. Савостьянов, В. Г. Клочков. – К.: УМК ВО, 1992. – 276 с.
4. Экспериментальные исследования устойчивости повторно используемых выемочных выработок на пологих пластах Донбасса / [В. И. Бондаренко, И. А. Ковалевская, Г. А. Симанович и др.]. – Дніпропетровськ: ЛізуновПрес, 2012. – 426 с.
5. Геомеханіка взаємодії анкерної і рамної кріпелі горних виробок в єдиній грузонесущій системі / [В. И. Бондаренко, Ю. Я. Чередниченко, И. А. Ковалевская и др.]. – Дніпропетровськ: ЛізуновПрес, 2010. – 174 с.