УДК 622.337.2

В.М.ШИК
ОАО ВНИМИ, Санкт-Петербург

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СХЕМЫ ПОДГОТОВКИ ЛАВ И ОХРАНЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Обеспечение высокой нагрузки на лаву в развитых угледобывающих странах было достигнуто комплексом организационно-технических и технологических мероприятий, которые включают многоштрековые схемы подготовки выемочных полей, применение тросовой анкерной крепи, мониторинг проявлений горного давления. Целики для охраны подготовительных выработок имеют различные деформационные характеристики, определяющиеся нагрузочными свойствами кровли и устойчивостью боковых пород. Проектирование способов охраны и поддержания выработок осуществляется на основе закономерностей взаимодействия целиков с массивом, с учетом вертикальных и горизонтальных напряжений, строения, прочностных, деформационных и реологических свойств угля и вмещающих пород. Очистные работы сопровождаются мониторингом проявлений горного давления.

Great loads longwalls in the advanced coal-mining countries were reached with using the complex of the arranged technical and technological measures which include the multientry design plans for preparation of minable fields, application of cable bolts, monitoring of rock pressure manifestations. Pillars being intended for the protection of development workings, have different deformation characteristics which are determined by the loading properties of roof and by stability of adjoining rocks. The design work for protection facilities and workings' support is carried out on the basis of the pillar-mass interaction with due account of the horizontal and vertical stresses, structure, the strength, deformation property less and after limit strength, rheological property of coal and enclosing rocks. The mining operations are accompanied by monitoring of rock pressure manifestations.

На рубеже веков экономическая ситуация в России потребовала резкого увеличения нагрузки на очистные забои комплексно-механизированных лав. В этом плане целесообразно использовать опыт развитых угледобывающих стран, в которых нагрузка на лаву 10-15 тыс.т в сутки является нормой. Такая производительность достигнута за счет применения многоштрековой подготовки выемочных столбов, анкерной, в том числе тросовой, крепи, мониторинга геомеханической ситуации в реальном времени.

Для предотвращения опасностей, связанных с применением целиков, их проектирование производится с учетом нагрузочных свойств кровли. С этой целью применяют различные сочетания податливых целиков, деформирующихся в режимах прогрессирующей ползучести (*Y*) или постоянной скорости деформации (*S*) и жестких, работающих в режиме упругих деформаций (*C*). Степень податливости целиков при прочих равных условиях регулируется их размерами в плане. При взаимодействии с породами висячего бока в режиме заданных нагрузок, назначение жестких целиков – воспринимать основные нагрузки опорного давления, а податливых – релаксировать напряжения упругого деформирования для предотвращения динамических форм проявлений горного давления и снижать удельное давление на кровлю и почву для уменьшения образования вывалов и пучения. При взаимодействии с породами висячего бока в режиме заданных деформаций применяются податливые целики, деформирующиеся в режимах прогрессирующей ползучести или постоянной скорости деформации, назначение сочетания которых – оптимальное в конкретной ситуации распределение реакции целиков для обеспечения благоприятных условий поддержания выработок.

Опыт разработки горизонтального пласта мощностью от 1,2 до 2,4 м в угольном бассейне Урриор (Алабама, США) на глубине 420-660 м при трудно- и легкообрушающихся породах основной кровли, неустойчивой и устойчивой непосредственной кровле, слабых породах почвы, при проявлениях динамических форм разрушения целиков («щелчков») позволил сделать следующие выводы [2]:

- главным фактором, определяющим состояние штреков, является прочность непосредственной кровли и почвы при всех вариантах деформируемости целиков;
- основная область применения схемы охраны выработок податливыми целиками – двухштрековая система подготовки. Применение этого принципа при трех- и четырехштрековых системах требует надежного крепления кровли;
- податливые целики снижают напряжения в почве и поэтому пучение проявляется меньше;
- хотя бы один целик в группе при многоштрековой подготовке должен проектироваться в соответствии с требованием стабильности, т.е. работы в условиях постоянной скорости деформации (S).

Применение принципа податливых целиков снижает остроту проблемы потерь угля, позволяет увеличить длину панелей при отработке лавами и допускает применение в схеме подготовки один стабильный целик. Подготовка панелей с целиками, работающими по схеме податливость – стабильность ($Y-S$) позволяет определять необходимое количество выемочных штреков в конкретных горно-геологических условиях и горно-технических ситуациях*. При отработке длинными очистными забоями стабильные целики между двух движущихся лав должны воспринимать формируемое ими опорное давление.

Состояние бортовых штреков зависит от типов непосредственной и основной кровли и почвы, характеристик паспорта крепления, а также от горизонтальных напряжений, величина которых обычно превышает вертикальные [1]. При легкообрушающихся породах основной кровли благоприятные условия поддержания штреков достигались применением режима деформирования целиков $Y-S-C$, сочетающего нарастающую податливость ближайшего к лаве ряда (Y) и постоянную скорость деформации центрального ряда (S), работающих в режиме заданных деформаций и воспринимающего основные опорные нагрузки третьего ряда (C), работающего в режиме заданных нагрузок.

При труднообрушающихся породах основной кровли и склонных к пучению породах почвы благоприятные условия поддержания штреков достигались применением режима деформирования целиков $Y-S-Y$, при котором целики в крайних рядах работают в режиме заданных величин и скоростей деформации, а основную нагрузку принимают целики среднего ряда, работающие в режиме заданных нагрузок. В тех случаях, когда при наличии слабых пород непосредственной кровли проявления горного давления имели динамический характер («щелчки»), применялась схема деформирования $Y-S-Y$, при которой крайние целики деформируются в режиме прогрессирующей ползучести, а средний – в упругом режиме.

Разрушение непосредственной кровли, особенно при разработке одиночного пласта, может быть вызвано начальными (in situ) горизонтальными напряжениями, величины которых по взаимно-перпендикулярным направлениям не равны между собой и превышают вертикальные (гравитационные) напряжения. Это может приводить к локальной разгрузке и, соответственно, к концентрации реактивных напряжений. Расположение податливых целиков, оформляемых при проходке штрека, и тип основной крепи могут влиять на интенсивность разрушения.

Большинство случаев неустойчивого состояния кровли является следствием смещения вдоль поверхности сдвигов в зонах, простирающихся диагонально через пересечения штреков и ортов. Такие трещины рас-

* При выборе параметров данной технологии целесообразно применение моделирования, сочетающего методы эквивалентных материалов и компьютерного.

полагаются перпендикулярно минимальному горизонтальному главному напряжению; они вызывают небольшое разрушение кровли между анкерами и потерю их натяжения. Для уменьшения влияния на состояние выработок, штреки располагают по направлению наибольших горизонтальных напряжений. Горизонтальные напряжения, возникающие при изгибе кровли, приводят к увеличению расслоения пород и нагрузок на анкеры. Подобный механизм разгрузки от напряжений при изгибе наблюдался и в почве [3].

Основная трудность обеспечения устойчивой работы механизированного очистного забоя – сложность своевременного обнаружения изменений горно-геологических условий и принятия адекватных мер при высоких скоростях подвигания, при которых опорное давление впереди забоя интенсивно увеличивается. Когда встречаются геологические нарушения, горное давление быстро растет, создавая опасные условия.

Исследования привели к созданию автоматизированной системы, обеспечивающей следующие операции:

- мониторинг геомеханических процессов по установленным в выработках датчикам, дающими показания в реальном масштабе времени;
- анализ данных для оценки критических параметров проявлений горного давления;
- оценку структурной нарушенности пласта;
- определение характера разрушения вмещающих пласт пород;
- выдачу рекомендаций по управлению состоянием массива и комплексом оборудования в лаве и на штреках.

Система обеспечивает дистанционное измерение в реальном масштабе времени и выдачу оператору непрерывной информации об изменениях в состоянии массива и локализации зон повышенного горного давления [4]. Данные шахтных измерений собираются непрерывно и передаются через 6-секундные интервалы по специально выделенной телефонной линии на центральную управляющую компьютерную станцию, находящуюся в 241 км от шахт. Станция организует аккумулирование и обработку данных информационной сети, поддерживает обмен различными управляющими данными, и осуществляет передачу их на компьютерные рабочие станции на шахтах. На основе анализа выдаются заблаговременный прогноз опасных ситуаций и соответствующие практические рекомендации.

Выводы

На основании анализа горно-геологических условий основных угольных месторождений России можно сделать вывод, что многоштрековая схема подготовки выемочных полей при условии обеспечения соответствующих конкретным условиям деформационных свойств целиков может найти применение при разработке пологих и наклонных пластов в тех случаях, когда бесцеликовый способ охраны сдерживает работу комплексно механизированных лав, например из-за трудностей поддержания сопряжений и концевых операций.

Недостатки, свойственные целиковым способам охраны (потери угля в недрах, влияние на сближенные пласты) могут быть преодолены последующим извлечением целиков с помощью короткозабойной технологии.

Предотвращение динамических проявлений горного давления может быть обеспечено применением автоматизированных систем мониторинга геомеханических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bickel D.L.* Rock Stress Determination from Overcoring – and Overview // 13th Conference on ground control in mining. 1992.

2. *Carr F.* Ten years' expereience of tye Wilson // Carr pillar method at «Jim Walter resources, INC». Procttdings of the Worcshop on Coal Pillar; Mechanics and Design. US Departament of the Interior. Information Circular 9315/1992.

3. *Hanna K.* Coal mine entry intersection behavior study / K.Hanna, D.Conover, K.Haramy // United States Department of interior. Bureau of mines. Report of investigations. 1991.

4. *Hanna K.* Automated ground control management system for coal mine Wazard Detection / K.Hanna, R.Cox // 2-й Международный симпозиум по механизации и автоматизации горных работ. Лулеа, Швеция, 7-10 июня 1993. Rotterdam, 1993.