



М. П. ЗБОРЩИК,
доктор техн. наук
(ДонНТУ)

УДК 622.112.3

Недостаточная эффективность применения арочной крепи в участковых выработках при бесцеликовой технологии

Изложены причины недостаточной эффективности применения в участковых выработках арочной податливой крепи из спецпрофиля. Показана рациональность использования трапециевидной или четырехугольной формы их сечений. Указана сущность путей сохранения устойчивости выработок при бесцеликовой технологии.

Ключевые слова: податливая прочная крепь, участковые выработки, бесцеликовая технология, применение рам трапециевидных или четырехугольных.

Контактная информация: nshlupkin@yahoo.com

Угольная промышленность Украины почти 30 лет пребывает в кризисном состоянии. Чтобы в предстоящие годы преодолеть комплекс накопившихся трудностей в отрасли, необходимо в 1,3–1,5 раза увеличить объемы добычи угля и в 2–3 раза уменьшить издержки его производства.

Установлено, что в сложных природных условиях Донбасса наиболее прогрессивна бесцеликовая технология отработки запасов этажей или ярусов, особенно при выемке угля высоконагруженными лавами. Для такой технологии характерна простая геометрия применяемой системы разработки (нет промежуточных звеньев); участковые выработки непосредственно сопрягаются с призабойным пространством лавы; уменьшаются эксплуатационные потери угля; исключается вредное влияние целиков на устойчивость участковых выработок; улучшаются условия применения прямоочной схемы проветривания выработок выемочного участка; комбинированная система разработки предусматривает более благоприятные условия для сооружения участковых выработок и их повторного использования при выемке запасов смежными лавами (нижними по падению).

В настоящее время на угольных предприятиях высока себестоимость 1 т добытого угля: от 0,5–0,6 до 1,5–2 тыс. грн. В конкретных условиях шахты всегда преобладает доля протяженности участковых выработок, подверженных вредному влиянию очистных работ. Поэтому целесообразно не увеличивать затраты, а отказаться от некоторых известных путей повышения устойчивости участковых выработок: выполнения тампонажных работ по заполнению пустот в закрепном пространстве; увеличения плотности установки арочной крепи [1]; возведения арок из тяжелых спецпрофилей (более 27 кг/м) и т. д.

Рекомендуется ориентироваться на комплекс прогрессивных (проверенных практикой) направлений повышения устойчивости выработок: обеспечение высокого качества их сооружения; выбор благоприятных мест расположения во вмещающем массиве; использование природной сплошности и остаточной прочности окружающих пород; применение комбинированных крепей с созданием необходимого предварительного распора и др. Высокое качество сооружения участковых выработок, уменьшение в 2 раза проходческих работ на одну лаву, повторное использование выработок, достижение минимальных затрат на их поддержание, рациональное планирование горных работ в рамках выемочного участка – значительный резерв увеличения добычи и уменьшения издержек производства на 1 т добываемого угля.

На действующих шахтах участковые выработки практически везде закреплены податливыми металлоарками из спецпрофиля. Металлоарки – одно из лучших конструктивных решений в создании крепей для подземных горных выработок. Повышенная работоспособность арки (сводчатой крепи) достигается во вскрывающих и подготавливающих выработках, когда ее верхний сегмент воспринимает примерно равномерное давление пород кровли. При этом обеспечиваются одинаковые малые оседания пород кровли (в пределах конструктивной податливости крепи) с двух сторон поддерживаемой выработки. В замковых соединениях сегменты крепи должны поворачиваться один от-

носителем другого, но в конструкции арок не предусмотрен поворот сегментов. Если оседания кровли превышают податливость крепи или они неодинаковы, то неупругий изгиб в сегментах нежелателен из-за повреждений профиля металла и потери им устойчивости – основная причина потери аркой способности к податливости [2].

При бесцеликовой технологии отработки угольных пластов арочная крепь малоэффективна вследствие большой разницы между показателями оседаний или сдвижений пород кровли со сторон прилегающего угольного массива и выработанного пространства движущейся лавы. Арка – хорошая строительная конструкция, но применение ее в участковых выработках (в неприемлемых условиях) недостаточно обосновано. При наличии пустот в закрепном пространстве верхний сегмент арки воспринимает косонаправленное давление оседающих пород кровли. Представление о том, что при сводчатой форме сечения породы кровли меньше разрушаются и улучшается устойчивость выработок, – второстепенный фактор.

Вместо сводчатой формы поперечных сечений участковых выработок лучше применять трапециевидную или четырехугольную. Плоская обнаженная кровля и прямолинейный верхняк возводимой трапециевидной крепи обладают рядом преимуществ.

Верхняк плотно прилегает к природному контуру пород обнаженной кровли, в закрепном пространстве не остаются пустоты, отсутствует повреждение пород кровли и лучше сохраняется ее природная сплошность. При создании свода в породах кровли верхний сегмент арочной крепи почти никогда плотно не прилегает к его контуру. Создание в своде гладкого контура с помощью буровзрывных работ или стреловидным исполнительным органом комбайна – задача практически невыполнимая. В последующем при ведении очистных работ повышается устойчивость пород кровли на сопряжении лавы с конвейерным штреком, поскольку породы кровли обнажены в одной плоскости (вместо двух плоскостей).

По высоте площадь сечения штрека следует заглубить в подстилающие породы почвы пласта. Такое расположение штрека позволяет использовать природную закономерность – по мере удаления по нормали от плоскости почвы пласта в подстилающую толщу в ее слоях возрастает прочность пород. Подошвой штрека должны быть слои пород относительно повышенной прочности. Слои слабых пород следует оставлять в боках участковой выработки.

Использование природной прочности вмещающих пород – простой и эффективный путь повышения их долевого участия в создании предварительного запаса устойчивости выработок в период влияния очистных работ.

В участковых выработках рационально возводить трапециевидную комбинированную крепь, для которой характерно сочетание рам из спецпрофиля податливостью до 400 мм и анкеров, повышающих сплошность и остаточную прочность обнаженных пород кровли. Возведенная крепь должна сразу включаться в работу и создавать повышенный отпор разрушающимся породам в границах зоны неупругих деформаций («тормозить» образование этой зоны). Прямолинейный верхняк прижимают гидростойками (создавая большой предварительный распор) к породам кровли и «пришивают» к ним двумя или тремя комплектами анкеров (в комплекте – два анкера и фигурный хомут). Подшивать верхняк необходимо после создания предварительного распора, уменьшающего его прогиб. Расчеты показывают, что изгибающий момент трапециевидной рамы близок к его значению при использовании арочной крепи (рассогласование не более 15–20 %).

Боковые стойки трапециевидной рамы следует устанавливать с распорными гидростойками. Нельзя допускать увеличенных нахлестов спецпрофиля в замковых соединениях. Расположение замков податливости на прямолинейных участках боковых стоек повышает работоспособность крепежных рам. Боковые стенки участковых выработок нужно хорошо оконтуривать, чтобы стойки рамы непосредственно или с использованием прокладок плотно контактировали с обнаженными породами и создавали предварительный боковой подпор. Хотя породы почвы остаются открытыми, комбинированная крепь в определенной мере противодействует их выдавливанию. Это обусловлено уменьшением разрушений и сдвижений пород вблизи контура кровли и боков штрека, а следовательно, уменьшением степени их выдавливания в подошве выработок (вследствие тесной взаимосвязи сдвижений окружающих пород).

Преимущества применения четырехугольной или трапециевидной крепи (например, типа КСП-3) [3]: податливость в направлении преобладающих смещений пород кровли; меньшая металлоемкость боковых стоек; смещение пород кровли и почвы на 30–40 %; сокращение на 30–40 % времени на монтаж крепи; лучшее использование площади сечения выработки и ее уменьшение примерно на 10–20 %;

сопряжение лавы со штреком; более легкий демонтаж крепи при погашении штреков и т. д.

Такие положительные результаты (крепь КСП-3) получены без применения в штреках «подшивки» прямолинейных верхняков и механического упрочнения пород кровли анкерами.

При отработке запасов этажа или яруса конвейерный штрек подвержен воздействиям дополнительного горного давления впереди и позади очистного забоя (аналогия его влияния – пережат волна по глади моря). Возрастание скорости подвигания лавы положительно отражается на состоянии поддерживаемого штрека. Однако впереди лавы увеличенная скорость ее подвигания влияет следующим образом: возрастает длина зоны проявлений временного опорного давления; замедляются скорости сдвижений пород по нормали к напластованию; опорное давление рассеивается на увеличенной площади; уменьшаются длины пикового участка («горба») восприятия вмещающими породами максимального удельного опорного давления, а также время пребывания (единицы или участка) штрека в пределах зоны временного опорного давления [4]. При повышении скорости изменяется во времени и пространстве характер протекания геомеханических процессов. Вблизи контура штрека замедляются во времени скорости смещений пород.

После пребывания штрека в зоне временного опорного давления потеря податливости его трапециевидной или четырехугольной крепи не должна превышать примерно 10–15 % исходной. При этом целесообразно применять гидростойки как временную усиливающую крепь. Устанавливать их следует за пределами зоны временного опорного давления, т. е. до начала проявлений повышенных смещений пород контура конвейерного штрека. При плоской кровле удобно возводить гидростойки под прямолинейные верхняки крепежных рам и в просветах между рамами.

Позади лавы в зоне активных сдвижений пород под- и надработанной толщи находится наиболее ответственный участок сохранения требуемой устойчивости конвейерного штрека. Положительный результат существенно зависит от типа и работоспособности охранного сооружения, возводимого со стороны выработанного пространства движущейся лавы. Охранная полоса должна удовлетворять таким технологическим требованиям: иметь хорошую несущую способность, а также повышенную жесткость (малую усадку); обеспечивать малый изгиб пород защитной консоли непосредственной кров-

ли или плиты, опирающейся на охранную полосу; кроме того, – примерно одинаковые оседания пород кровли с двух сторон поддерживаемого штрека; выполнять роль режущей крепи (вдоль простирания) при обрушении пород кровли; не вдавливаясь в породы непосредственной почвы пласта.

Изложенным требованиям удовлетворяет комбинированная охранная полоса, которую сооружают из деревяннобетонных или железобетонных блоков. Пустоты между стенками полосы заполняют твердеющей смесью, контактирующей с обнаженной кровлей. При этом недопустимо оставлять зазор даже высотой 0,05–0,1 м. Ширина полосы – не менее мощности разрабатываемого пласта, отставание ее от очистного забоя примерно до 4 м. Лучше использовать деревяннобетонный блок [5] – он более легкий, удобный при переноске и возведении стенок опорной полосы, его металлическая обойма обеспечивает равномерный боковой подпор и хороший контакт между поверхностями блоков и плоскостями пород кровли и почвы. Большой опыт применения этих блоков (разработка института ШахтНИУИ, г. Шахты) – на шахтах Ростовской области (Россия).

Комбинированная полоса начинает работать при любой скорости подвигания лавы. Вначале ее стенки сопротивляются оседающим породам кровли. Они предохраняют литые участки и обеспечивают затвердение смеси без восприятия ею давления оседающих пород кровли. Примерно через сутки прочность на сжатие затвердевшей смеси достигает 14–15 МПа. Затем всей площадью охранная полоса сопротивляется оседающим породам подработанной толщи. Блочные стенки создают боковой отпор затвердевающей смеси, что уменьшает усадку возведенной полосы.

Позади лавы в зоне активных сдвижений пород подработанной толщи также рекомендуется применять гидростойки для увеличения отпора породам кровли и почвы конвейерного штрека. Здесь поддерживаемый участок штрека меньше загроможден транспортными установками и электрооборудованием, а следовательно, больше возможностей для выбора рациональных мест возведения гидростоек.

В период отработки запасов первой лавой и применения вышеизложенных технологических решений в сочетании с высоким качеством производства горных работ для участкового конвейерного штрека достигается требуемая эксплуатационная устойчивость, исключаются ремонтные работы с частичной или полной заменой рамной податливой металлокрепи, сохраняется не менее 75–80 % площади по-

перечного сечения и он остается пригодным для повторного использования при отработке запасов второй лавой (нижней по падению).

В Донбассе большинство шахтопластов – третьей категории и сверхкатегорные по выделениям метана. Не менее 50 % газоносных пластов опасны по газодинамическим явлениям. Поэтому выбор рациональной планировки горных работ в рамках этажа или яруса имеет важное значение, особенно с учетом повторного использования конвейерных штреков.

Известно, что применение комбинированной системы разработки с подвиганием лав обратным ходом при отработке запасов подготовленных угольных столбов – лучший вариант [6]. Важно, что благодаря такой системе разработки на газоносных и выбросоопасных пластах обеспечивается эффективное прямоточное проветривание горных выработок выемочного участка, в призабойном пространстве лавы свежая струя воздуха движется в нисходящем порядке (по падению пласта), а повторно используемый конвейерный штрек погашается вслед за подвиганием второй (нижней) лавы. Поддерживать участковые выработки, особенно повторно используемые, позади двух отработанных лав – это худший вариант (исчерпаны потенциальные запасы сохранения их устойчивости). При мощности шахтопластов более 0,8 м практически всегда целесообразно осуществлять выемку угля с подвиганием лав обратным ходом.

В период кризиса в угольной отрасли возросло количество лав, обрабатываемых прямым ходом (сплошная и комбинированная системы разработки). Это худший вариант для увеличения добычи угля и уменьшения издержек его производства, обусловленный разноплановыми трудностями: финансового, социального, кадрового, материального и другого характера. В кризисных условиях прежде всего следует ориентироваться на отработку лав прямым ходом на пластах мощностью до 0,8 м, когда можно существенно уменьшить издержки производства на проведение и поддержание участковых выработок. При этом повышение качества их сооружения равноценно использованию новых или модернизированных технологических и технических решений для сохранения устойчивости.

Выводы. При бесцеликовой технологии целесообразно участковым выработкам придавать сводчатую форму и возводить в них арочную податливую металлокрепь из спецпрофиля. В зоне активных сдвижений пород подработанной толщи позади движущейся лавы арочная крепь не

способна воспринимать косонаправленное горное давление и существенно разные оседания пород кровли со сторон прилегающего угольного массива и выработанного пространства лавы. Лучший вариант – придание выработкам трапезиевидной или четырехугольной формы и возведение в них комбинированной крепи с сочетанием податливых рам из спецпрофиля и анкерования пород непосредственной кровли пласта.

Позади лавы в зоне активных оседаний пород кровли (в самых сложных условиях) достигается требуемая устойчивость конвейерного штрека в результате таких геомеханических и технологических решений: расположения штрека под защитой коротких консолей или плит непосредственной кровли; сооружения со стороны выработанного пространства лавы (жесткой) комбинированной охранной полосы; максимально возможного уменьшения изгиба защитных консолей или плит (уменьшение растягивающих напряжений), опирающихся на возведенную охранную полосу; увеличения скорости подвигания лавы; высокого качества ведения горных работ.

В кризисный период при отработке лав прямым ходом есть резерв уменьшения издержек производства. Это разработка шахтопластов мощностью до 0,8 м в сочетании с высоким качеством производства горных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курченко Э. П. Концепция обоснования плотности крепления подготовительных выработок в глубоких шахтах / Э. П. Курченко, Б. Т. Тупилов, В. М. Адриенко, А. А. Сытник // Уголь Украины. – 2003. – № 7. – С. 14–17.
2. Максимов А. П. Выдавливание горных пород и устойчивость подземных выработок / А. П. Максимов. – М.: Госгортехиздат, 1963. – 144 с.
3. Саратикянц С. А. Научные разработки ДонУГИ в области проведения, крепления и охраны горных выработок / С. А. Саратикянц // Уголь. – 1983. – № 9. – С. 22–24.
4. Зборщик М. П. Геомеханика подземной разработки угольных пластов / М. П. Зборщик, М. А. Ильяшов. – Донецк: ДонНТУ, 2007. – Т. 2. – 262 с.
5. Беликова Н. В. Обоснование оптимальных параметров и конструкции искусственных опор для охраны выемочных выработок: автореф. на соискание научной степени канд. техн. наук: спец. 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» / Н. В. Беликова. – Новочеркасск (Россия): ЮРГТУ (НПИ), 2004. – 21 с.
6. Зборщик М. П. Повторное использование выработок высоконагруженных лав – крупный резерв снижения производственных затрат / М. П. Зборщик, И. Г. Сахно // Уголь Украины. – 2013. – № 8. – С. 6–12.