

УДК 622.268.2

О.И. Казанин, Ю.Н. Долоткин, И.В. Скрыльников

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОХРАННЫХ СООРУЖЕНИЙ
ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ВЫЕМОЧНЫХ ВЫРАБОТОК
НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ**

Приведен анализ опыта и оценены перспективы использования охранных сооружений для поддержания выработок за лавой.

Ключевые слова: выемочные выработки, устойчивость, охранные сооружения, лава.

Устойчивость выемочных выработок в течение всего срока их службы является одним из условий обеспечения высоких технико-экономических показателей угледобычи. В зависимости от способа подготовки и параметров выемочных участков, а также скорости подвигания очистных и проходческих забоев, срок службы оконтуривающих выемочные участки выработок может составлять от 12 до 40 месяцев и более. Наиболее сложные условия поддержания формируются при бесцеликовой подготовке выемочных участков при поддержании выработок на границе с выработанным пространством по всей длине выемочного столба. При многоштрековой подготовке необходимость поддержания выработок на границе с выработанным пространством возникает лишь при использовании прямоточных схем проветривания на участке от лавы до задней сбойки (60–200 м). Вместе с тем, даже в этом случае, при больших глубинах разработки обеспечение необходимого сечения на данном участке требует серьезных усилий и затрат.

Для обеспечения устойчивости выработок важную роль играют корректный выбор формы и размеров поперечного сечения выработок, па-

раметров крепи, крепи усиления, вид присечки при проведении выработки по тонким пластам, параметры целиков при многоштрековой подготовке выемочных участков. Особое значение имеют вид и параметры охранных сооружений, возводимых на границе с выработанным пространством.

Средства охраны горных выработок по кратности использования условно могут быть разделены на два вида: одноразового и многократного применения. К охранным крепям первого вида относятся породные буттовые полосы, чураковые стенки, костры, органка, буттокостры, тумбы БЖБТ, литые полосы. Также однократно для охраны выемочных выработок могут быть использованы околоштрековые целики угля. К крепям многократного применения относятся переносные механизированные крепи различных конструкций на базе гидростоек или посадочных тумб с высокой несущей способностью. Однако, такие крепи еще не нашли достаточно широкого применения на шахтах отрасли.

Охранные крепи возводятся вслед за подвиганием очистного забоя на границе с обрушенными породами и по функциональному назначению служат для создания отпора смешивающе-

муся массиву, обрыва зависающих породных консолей в кровле, защиты от попадания породы из выработанного пространства в поддерживаемую выработку, а также для предупреждения боковых деформаций основной крепи.

Анализ применяемых на шахтах охранных средств показал, что наибольший объем использования приходится на деревянные ограждения: костры, органную крепь, чураковые стенки. Их существенными недостатками являются несовершенство механических характеристик, преждевременная поломка стоек органного ряда, медленное нарастание сопротивления и большая величина податливости костровой крепи и чураковой стенки.

Исследованиями на шахте «Зыряновская» в Кузбассе установлено что деревянные стойки органной крепи работают крайне неравномерно [1]. При расчетной несущей способности 8 стоек на 1 м двухрядной крепи 1000-1200 кН фактическая реакция отпора не превышала 320 кН при этом под действием дополнительного бокового давления от обрушенных пород на расстоянии 25–40 м за линией забоя наблюдалось до 40 % помолов стоек. Аналогичная ситуация с состоянием органной крепи имеет место и на шахтах Печорского бассейна.

Наибольшего сопротивления деревянные костры достигают при усадке на 50%, что в значительной мере способствует интенсификации процесса конвергенции почвы и кровли. При этом, остаточное сечение сохраняемой выработки за зоной активных смещений массива составляет 45-65 % от конструктивного, а протяженность выработки с неудовлетворительным состоянием в зависимости от горно-геологических условий – 23–34 % [2].

До недавнего времени широкое распространение для охраны выработок на шахтах Донбасса имели породные бутовые полосы. Основным достоинством, данного способа является возможность оставления породы в шахте. Однако высокая трудоемкость возведения полос вручную и большая податливость их (до 60% от вынимаемой мощности пласта) снижают эффективность применения такого вида охранных ограждений с точки зрения поддержания выработки. При интенсивных смещениях массива в зоне опорного давления, превышающих конструктивную податливость основной крепи наблюдаются деформации отдельных ее элементов и снижение несущей способности. Механизированное возведение бутовой полосы, например, комплексом «Титан-1» [2] позволяет повысить ее жесткость и снизить, тем самым, опускания кровли на поддерживаемом участке до 20–25 % мощности пласта.

Определенный интерес представляет способ охраны выработок обрушенными из кровли породными блоками. Сушность разработанного способа заключается в следующем: впереди очистного забоя вдоль границы выработки с помощью БВР создается плоскость раскола пород таким образом, чтобы не были нарушены ни контур выработки, ни породы кровли с обеих сторон плоскости раскола. Затем полосу кровли шириной 2–3 м, примыкающую к плоскости раскола, укрепляют анкерами на глубину, равную мощности пласта, что обеспечивает обрушение упрочненной полосы пород кровли за секциями крепи в виде блоков, которые надежно охраняют выработку от давления обрушенных пород. Экспериментальная проверка охраны выработок обрушенными породными блоками показала, что в зоне повышенных дефор-

маций за очистным забоем конвергенция почвы с кровлей не превышала 52 мм, а в зоне пониженных деформаций – 12 мм. На контрольном участке с охраной выработки органическими рядами деформации в указанных зонах составили, соответственно, 250–500 и 100–180 мм. Реакция стоек крепи, расположенных у границы с выработанным пространством, не превышала 290 кН [3]. Для реализации предлагаемой технологии охраны требуется выполнить большой объем буровых и взрывных работ по обрушению породных блоков, при этом сам процесс укладки блоков достаточно сложен в управлении.

Идея сооружения охранных ограждений из отдельных блоков нашла техническое воплощение в опорах высокой прочности и ограниченной податливости – тумбах из железобетонных блоков БЖБТ. Наиболее широкое применение нашли два типа шлакоблоков БЖБТ-6 и БЖБТ-7 размерами, соответственно, 500x400x150 мм и 800x400x100 мм, массой – 75 и 50 кг [4]. В зависимости от вида наполнителя удельная несущая способность блока составила 9–40 МПа, а максимальная несущая способность тумбы из блоков БЖБТ достигла 10 МПа. При наличии податливых деревянных прокладок между блоками несущая способность тумбы в целом возросла в 1,1–1,4 раза.

Охрана выработок литыми околострековыми полосами заключается в возведении по мере продвижения очистного забоя на границе штрека с обрушенными породами в выработанном пространстве жесткой полосы из быстротвердеющего раствора. К достоинствам такой полосы следует отнести быстрый набор прочности и создание необходимого сопротивления смешиваемому массиву, что способствует обрыву зависающих пород-

ных консолей. Кроме этого создается плотный контакт между полосой и поддерживаемой кровлей. В качестве связующего при изготовлении литых полос используется фосфогипс, цемент, а на шахтах Германии – природный или искусственный ангидрит, блицдемер. Охранные литые полосы достаточно эффективны на пологих пластах тонких и средней мощности (до 2,5 м), при этом ширина полосы должна быть не менее 1,0 м [5]. При наличии в кровле и почве пород средней устойчивости наиболее рациональна литая полоса шириной 0,8–0,9 мощностей пласта, расположенная непосредственно у контура выработки. Такое расположение литой полосы является наиболее благоприятным по условиям обеспечения устойчивости охраняемой выработки. При залегании в основной кровле труднообрушаемых пород ширину полосы необходимо принимать 1,2–1,3 мощностей пласта. Применение литых полос приводит к уменьшению смещений пород кровли в выработках в 1,3–2,0 раза [6].

Для поддержания выработок за лавой на шахтах отрасли апробированы и нашли применение различные виды механизированных крепей специальных конструкций с высокой несущей способностью, обеспечивающие активный режим воздействия на процесс смещения массива и относящиеся к крепям многократного использования.

Сотрудниками ПНИУИ для этих целей разработан специальный комплекс поддержания выработок КПВ, состоящий из секций механизированной крепи, крепеустановщика и гидрооборудования [7]. Шахтными экспериментами в различных горногеологических условиях установлена рациональная плотность установки крепи КПВ в зависимости от нагру-

зочных свойств массива, а также подтверждена ее высокая работоспособность и эффективность.

Для пластов с трудноуправляемыми кровлями КузНИУИ разработаны конструкции механизированных органических крепей КПО-1, КПО-2, КПО-3 и КПО-4 на базе гидротумб с рабочим сопротивлением до 80 тс и КПО-5 на базе посадочных стоек ОКУ-06 с несущей способностью 2000 кН [1, 8].

Для повышения несущей способности основной крепи и охраны выработки в зоне активных сдвижений массива за очистным забоем разработана штрековая крепь усиления КШУ секционного типа с рабочим сопротивлением секции 1200 кН и диапазоном изменения конструктивной высоты 2150–2750 мм. Стендовые испытания крепи показали ее работоспособность при различных схемах нагружения [9].

Анализ применявшихся охранных сооружений на шахтах ОАО «Воркутауголь» показал, что наибольший объем использования приходится на деревянные ограждения: органическую крепь, костры, чураковые стенки и их различные сочетания. Из 26 повторно сохраняемых обследованных выработок глубокого заложения (более 600 м) в 46 % случаев применялась трехрядная органическая крепь, а в 6 выработках (23 % от общего количества) – трехрядная с установкой дополнительно 1–2 рядов контрольных стоек. По тонким пластам основным видом охранный крепь является костровая в сочетании, в зависимости от условий, с одно-двухрядной органической и установкой дополнительно 1–2 рядов контрольных стоек.

Применявшиеся на шахтах ОАО «Воркутауголь» мероприятия по усилению основной крепи в зоне активных сдвижений массива и охране поддерживаемой выработки в слож-

ных горно-геологических условиях являлись, как правило, мало эффективными. Суммарная вертикальная конвергенция пород в выработках достигала 2,2–2,4 м, а величина потерь сечения – до 60–65 %. Шахтными наблюдениями установлено, что при смещениях кровли, превышающих конструктивную податливость крепи, происходит интенсивное деформирование элементов металлокрепи. В некоторых случаях это вызывает необходимость перекреплять до 50–70 % общей протяженности выработки. Необходимо также отметить, что проверочные расчеты паспортов крепления и охраны отдельных выработок показали во многих случаях несоответствие фактически применяемых средств поддержания и охраны этих выработок характеру проявления горного давления по нагрузочным и деформационным параметрам: занижены плотность основной крепи и протяженность зон усиления, используется усиливающая крепь с меньшей несущей способностью, чем требуется по расчету. Кроме того, некачественная установка органической крепи при отсутствии деформируемых элементов приводит к жесткому режиму нагружения стоек с пониженной податливостью, что вызывает их поломку и преждевременный выход из работы. В сложных горно-геологических условиях эксплуатационная сохранность выработки обеспечивается повышенным расходом металла, лесоматериалов и трудозатрат для возведения средств поддержания.

Одним из возможных путей совершенствования и удешевления технологии охраны выработок является использование для этих целей полос из облегченных блоков, изготавливаемых с применением отходов местных производств.

Анализ опыта применения технологии охраны повторно используемых выработок полосами из железобетонных блоков, результатов лабораторных исследований и аналитических расчетов параметров искусственных ограждений позволили сформулировать основные требования к охраняемым полосам [4, 10, 11].

1. Несущая способность 1 м полосы должна составлять 700–1000 тс. Количество блоков на 1 м полосы определяется их нормативной прочностью, требуемой несущей способностью охранного ограждения, а также вынимаемой мощностью пласта и толщиной самого блока.

2. Податливость охранной полосы должна быть равной 10–15 % мощности пласта.

3. Форма блоков и их габаритные размеры выбираются с учетом обеспечения возможности сооружения охраняемых полос различных конструкций как в плоскости пласта, так и по мощности.

4. Предельная масса блока – не более 35 кг.

5. Для повышения устойчивости полосы в направлении «почва-кровля» между верхним слоем блоков и кровлей следует подбивать деревянные клинья.

6. Для изготовления блоков использовать нетоксичные материалы, исключающие возможность ухудшения санитарно-гигиенической обстановки в поддерживаемой выработке.

Наиболее рациональная область применения охраняемых полос из бло-

ков ограничивается пластами мощностью до 2,0 м и прочностью на сжатие пород почвы не менее 20 МПа.

Применение в качестве охраняемых сооружений полос из железобетонных блоков на шахтах Печорского бассейна показало возможность и целесообразность их использования для обеспечения устойчивости выработок, поддерживаемых за лавой, при бесцеликовых схемах подготовки выемочных участков [12].

В настоящее время на шахтах бассейна применяется подготовка спаренными выработками, что в сочетании с прямоточными схемами проветривания предполагает поддержание участка выработки за лавой до задней сбойки на границе с выработанным пространством. Использование в этом случае в качестве охраняемых сооружений органических рядов в сочетании с анкерной крепью не обеспечивает устойчивости выработки за лавой.

Таким образом, наряду с совершенствованием параметров паспорта крепления выработки и выбором рациональных параметров межштрековых целиков, использование железобетонных блоков, успешно зарекомендовавших себя при бесцеликовой подготовке, является одним из перспективных направлений решения актуальной задачи обеспечения устойчивости выемочных выработок, поддерживаемых за лавой, как при бесцеликовых, так и при многоштрековых схемах подготовки выемочных участков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Середенко М.И. и др. Новые крепи и способы поддержания повторно используемых подготовительных выработок при бесцеликовой технологии: Обзор ЦНИЭИ-уголь. – М., 1981. – 48 с.

2. Заславский И.Ю. и др. Повышение устойчивости подготовительных выработок угольных шахт / И.Ю. Заславский, В.Ф. Компанец, А.Г. Файвишенко, В.М. Клещенков. – М.: Недра, 1991. – 235 с.

3. *Лурий В.Г., Романов Ю.Г., Лукин К.Д.* Новый способ охраны и поддержания выработок при бесцеликовой технологии // Уголь. – 1989. – № 10. – С. 20–21.
4. *Бажин Н.П. и др.* Пути повышения эффективности охраны выработок тумбами из блоков / Н.П. Бажин, В.Н. Рева, А.Н. Тимохин // Управление деформациями горного массива: Сб. науч. тр. / ВНИМИ. – Ленинград, 1986. – С. 52–55.
5. *Временные технологические схемы охраны подготовительных выработок полосами из твердеющих смесей для бесцеликовой отработки угольных пластов:* Утв. М-вом угольной пром-ти СССР 30.12.86. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1987. – 17 с.
6. *Чакветадзе Ф.А.* О повторном использовании выемочных выработок при разработке угольных пластов с труднообрушаемыми кровлями // Науч.сообш. / ИГД им. А.А. Скочинского. – 1983 – Вып. 223. – С. 71–75.
7. *Потапенко В.А., Грицаюк Б.И., Коровин М.Д.* Технология сохранения выработок механизированной крепью // Уголь. – 1990. – № 8. – С. 29–31.
8. *Лебедев Б.К. и др.* Промышленные испытания переносной органной крепи КПО-4 для охраны подготовительной выработки в условиях шахты «Зыряновская» / Б.К. Лебедев, М.И. Середенко, В.Д. Ялевский и др. // Создание средств комплексной механизации и автоматизации при разработке угольных пластов: Сб. науч. тр. / КузНИУИ. – Прокопьевск. – 1979. – С. 20–26.
9. *Максимов А.В. и др.* Стендовые испытания секции крепи усиления КШУ / А.В. Максимов, В.П. Чулочников, В.С. Лушин // Технология разработки и прогнозирования горно-геологических условий залегания угольных месторождений Подмосковского бассейна: Сб. науч. тр. / ПНИУИ. – Тула. – 1988. – С. 23–26.
10. *Кузьяра В.И., Сусло А.И., Афендииков В.С.* Охрана выработок на шахтах объединения «Макеевуголь» // Уголь Украины. – 1984. – № 10. – С. 9–11.
11. *Борзых А.Ф., Данилов А.А., Тощкий А.В.* Расчет ожидаемых нагрузок на опоры из железобетонных блоков для охраны подготовительных выработок // Уголь. – 1988. – № 9. – С. 11–14.
12. *Долоткин Ю.Н., Зайцев Ю.Ф.* Охрана повторно используемых выработок полосами из облегченных блоков // Уголь. – 1998. – № 5. – с. 19–20. **VIAS**

Коротко об авторах

Казанин О.И. – доцент, доктор технических наук, директор, заведующий кафедрой горного дела, kazanin@spmi.ru
Долоткин Ю.Н. – доцент, кандидат технических наук, fspggi@vorkuta.com
Скрыльников И.В. – соискатель ученой степени кандидат технических наук, fspggi@vorkuta.com
 Филиал Санкт-Петербургского государственного горного института (технического университета) «Воркутинский горный институт»



**Моя статья пролежала 1,5 года.
Нельзя ли ускорить ее выход?**

ГИАБ расширяет количество отдельных выпусков, увеличивает их объем. Но редакционный портфель все равно заполнен статьями на несколько лет вперед. К сожалению, радикально решить проблему удастся только за счет оплаты внеочередных статей и отдельных выпусков.

