

УДК 622.831

**О НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ**

к.т.н. Соловьев Г.И. (ДонНТУ),

д.т.н. Гребенкин С.С. (Донецкий национальный университет управления),

к.т.н. Рябичев В.Д. (Восточно-украинский университет им. В.И. Даля)

Запропоновано нову концепцію забезпечення стійкості підготовчих виробок глибоких шахт

**ON THE NEW CONCEPTION OF PREPARATORY WORKING
STABILITY PROVIDING IN DEEP MINES**

Solovyev G.I., Griebionkin S.S., Riabichev V.D.

Propose new conception of the strengthening timbering preparatory working of deep mines

Опыт работы очистных забоев глубоких шахт показывает, что применяемые в настоящее время способы и средства обеспечения устойчивости подготовительных в зоне интенсивного влияния очистных работ не могут обеспечить безремонтное поддержание этих выработок. Это во многом предопределяется несоответствием количественных и качественных параметров применяемых технологических решений особенностям проявления горного давления на концевых участках лав [1].

На ряде шахт Донбасса успешно используется комбинированный способ поддержания подготовительных выработок в зоне влияния очистных работ за счет применения анкерно-арочной крепи в сочетании с жесткими околострековыми полосами из цементно-минеральных смесей [2–4]. Опыт отработки угольных пластов средней мощности (1,8–2,2 м) на шахтах «Красноармейская-Западная №1» и им. А.Ф. Засядько показал, что для своевременного воспроизводства фронта очистных работ для лав, работающих при суточной добыче 3000–4000 т/сут., необходимо обеспечить повторное использование бывших конвейерных штреков в качестве вентиляционных при отработке ниже или рядом расположенных лав. Для этого конвейерные штреки охранялись за счет возведения жесткой литой полосы шириной 1,4 м из цементного раствора типа «Текленд» с минеральными добавками, который подавался растворонасосом в пластиковые оболочки из химического волокна, усиливаемые по бокам металлической сетчатой затяжкой и оконтуриваемые деревянной органной крепью.

Для обеспечения устойчивости пород кровли устанавливалась система сталеполлимерных анкеров длиной 2,9 м, которые радиально располагались по периметру выработки и наклонялись навстречу лаве на 10–15° от вертикали. Установка анкеров производилась в 2 этапа: вначале, в проходческом забое устанавливались 5 симметрично расположенных анкеров, а затем, на

расстоянии 100–120 м перед очистным забоем, устанавливались дополнительные 6 анкеров между ранее установленными. Причем, боковые анкеры по концам верхняка устанавливались спарено и соединялись между собой криволинейными планками-подхватами для обеспечения возможности снятия ножек арочной крепи на сопряжении лавы при передвижке привода скребкового конвейера.

Для оценки эффективности работы литой полосы и уточнения параметров ее возведения на шахте «Красноармейская-Западная №1» во 2-м южном конвейерном штреке (поперечное сечение – 15,5 м², крепь – арочная податливая КМП-А3) блока №5 пласта d₄ была проведена опытно-промышленная проверка и сравнительная оценка 4-х способов охраны [4]. В первом способе литая полоса возводилась шириной 1,0 м на удалении 1,0 м от бровки выработки, во втором – шириной 1,0 м и располагалась по бровке штрека, в третьем ширина составляла 1,0 м, а расстояние до бровки – 0,5 м и в четвертом возводились 2 литые полосы шириной по 0,6 – 0,8 м на расстоянии 0,6 м друг от друга и первая полоса устанавливалась непосредственно по бровке штрека.

Анализ результатов эксперимента показал [4], что при первом варианте под действием повышенных нагрузок из-за образования трех линий разлома непосредственной кровли происходит деформация элементов литой полосы. Опускание кровли составляет 80–100 мм, пучение в средней части выработки достигает 200 мм. Прогибы кровли со стороны лавы приводили к разрывам забойных замков арочной крепи с образованием «зевов» при отрыве средней части профиля. Удаление литой полосы от штрека усложняло технологию ее возведения.

При варианте 2 наблюдалась интенсификация пучения почвы до 350–400 мм со стороны литой полосы. Смещения кровли достигали 50–70 мм, а при варианте 3 характерным явилось площадное развитие пучения по штреку, которое достигало 100–150 мм.

При 4-м варианте происходило равномерное пучение почвы до 150–200 мм. Нагрузка кровли на литые полосы происходила равномерно. Однако вариант отличается сложностью в организации технологии работ и значительным расходом цементно-минеральной смеси.

Таким образом, из 4-х рассмотренных вариантов наиболее рациональным является третий вариант возведения литой полосы, при котором удаление ее от бровки штрека увязывается с величиной прогнозируемой и фактической подрывки пород почвы.

Применение литой полосы обеспечивает уменьшение зон разрушения пород кровли, повышает приконтурную, межслоевую и глубинную устойчивость кровли. Все это позволяет сохранить сечение конвейерного штрека для повторного использования, которое после прохода первой лавы составляет 60–80% от проектного.

Качественный контакт литой полосы с непосредственной кровлей обеспечивает ей возможность, как несущей опоре, выполнения роли «режущей

крепи», инициирующей обрушение непосредственной кровли по линии «литая полоса-лава» с формированием защитного перекрытия над штреком, что особенно важно при повторном использовании бывшего конвейерного штрека как вентиляционного впереди движущегося очистного забоя при поддержании его вдоль выработанного пространства верхней лавы. Опыт применения литой полосы показывает, что стоимость ее возведения составляет от 120–150 до 200 грн/м.

Применение химического анкерования пород непосредственной кровли является достаточно эффективным способом обеспечения устойчивости пород кровли выемочных выработок. Однако стоимость возведения сталеполимерных конструкции достаточно высока. Так например, для условий шахты «Красноармейская-Зпадная №1» при стоимости одного анкера 16–18 грн/шт. и стоимости его установки – 65–70 грн/шт., затраты на установку системы сталеполимерных анкеров в количестве 11 штук при шаге крепи 0,8 м составят $(17 + 68) \cdot 1,25 \cdot 11 = 1168$ грн/м. Таким образом затраты на химическое анкерование в 6–10 раз превышают стоимость возведения литой полосы.

По нашему мнению, для обеспечения устойчивости подготовительных выработок глубоких шахт в зоне влияния очистных работ необходимо для конкретных условий применения использовать рациональную комбинацию новых или существующих способов охраны и средств поддержания выработок. Например, исследования сотрудников Донецкого национального технического университета по оптимизации возведения систем анкерной крепи в подготовительных выработках позволили за счет нового подхода к геометрии расположения анкеров и особенностей механизма их взаимодействия с боковыми породами создать в кровле выработки несущую породно-анкерную конструкцию [5–7].

Сотрудниками ДонНТУ также теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность обеспечения устойчивого состояния выемочных выработок глубоких шахт в зоне интенсивного влияния очистных работ за счет перераспределения повышенной нагрузки между перегруженными и недогруженными комплектами крепи по длине выработки продольно-балочной крепью усиления (ПБКУ) как при установке, так и без применения анкерной усиливающей крепи [8–9].

На шахтах производственного объединения «Донецкая угольная энергетическая компания» («Южнодонецкая №3», им. К.Т.Абакумова, им. М.И. Калинина и им. А.А. Скочинского) была проведена опытно-промышленная проверка эффективности нового способа продольно-жесткого усиления арочной крепи выемочных выработок в зоне влияния очистных работ, которая подтвердила достаточно высокую его эффективность.

На шахте «Южнодонецкая №3» в условиях вентходка 4-й восточной лавы пласта с₁₁ в качестве усиливающей крепи использовалась жесткая двойная продольная балка из двутавра №14 в сочетании криволинейного сегментом и двумя радиальными сталеполимерными анкерами (рис. 1).

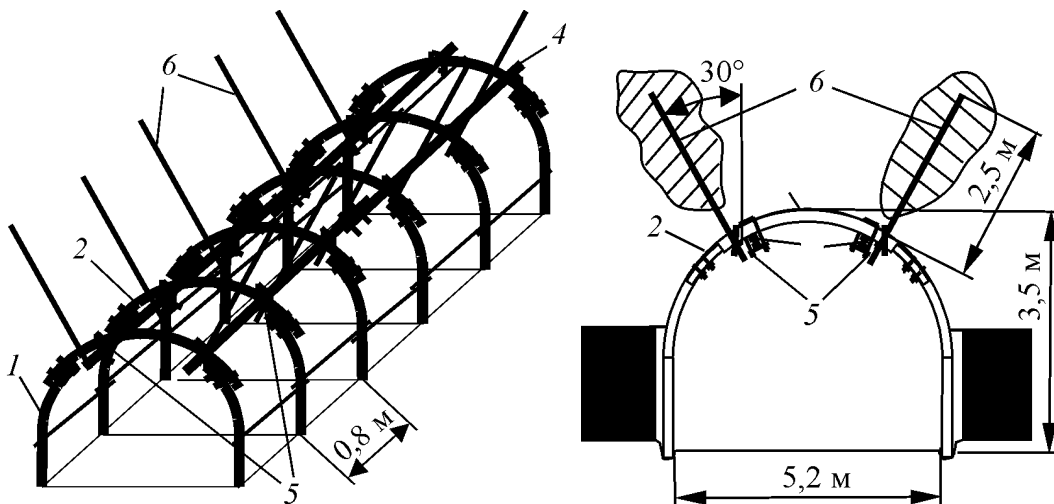


Рис. 1. Конструкция двойной продольно-балочной усиливающей крепи: 1 – ножка крепи, 2 – верхняк; 3 – криволинейный сегмент из отрезка верхняка (СВП-27) 4 – продольная балка из двутавра №14; 5 – элементы крепления балки к верхняку крепи

Вентиляционный ходок, проведенный комбайном вприсечку к выработанному пространству с оставлением угольного целика шириной 4 м, охранялся 2-мя рядами выкладываемых вплотную деревянных буткоостров шириной по 1,5 м.

Две продольные балки длиной по 4,5 м из двутавра №14 (рис. 1) с сегментом жесткости, расположенным между балкой и верхняком, подвешивались к нему на 2-х специальных крючьях с планками и гайками с нахлестом 0,5 м. Для повышения эффективности продольно-балочного усиления дополнительно устанавливались два сталеполимерных анкера длиной 2,5 м, которые соединялись с верхняком и балкой отрезком конвейерной цепи.

Аналитические исследования с применением метода сил строительной механики [8] позволили установить рациональную длину усиливающего сегмента жесткости по величине его центрального угла (рис. 2).

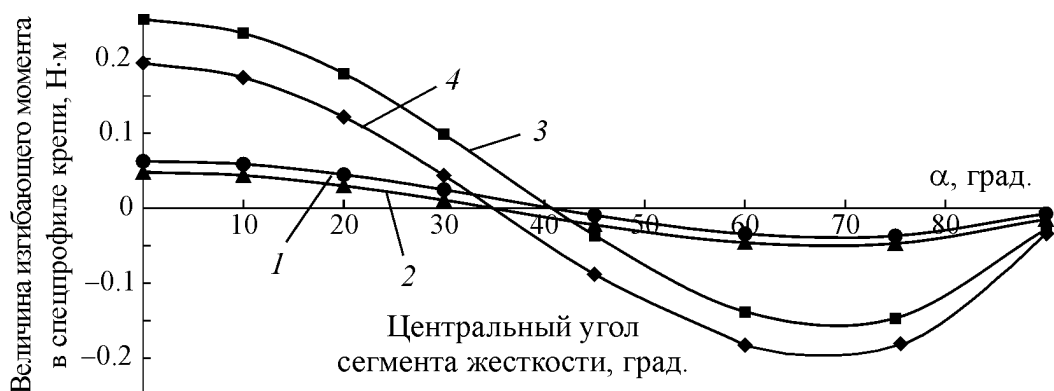


Рис. 2. График зависимости изгибающих моментов в спецпрофиле арочной крепи от величины центрального угла усиливающего сегмента жесткости при его использовании (1 и 2) и без него (3 и 4): ● – М1, ▲ – М2, ■ – М3, ◆ – М4

Из представленных на рис. 2 графиков видно, что наименьшие изгибающие моменты в спецпрофиле арочной крепи возникают при величине центрального угла сегмента жесткости равном $35\text{--}40^\circ$. Тогда общий центральный угол составит: $2\alpha = 2 \cdot 37,5^\circ = 75^\circ$.

Длина усиливающего сегмента жесткости, при котором возникают минимальные изгибающие моменты составит:

$$l_{\text{сект}} = \frac{\pi r_{\text{выр}} \Phi}{180^\circ} = \frac{3,14 \cdot 2,0 \cdot 75^\circ}{180^\circ} = 2,62 \text{ м}$$

Применение комбинированной балочно-анкерной крепи усиления с 2-мя продольными балками и 2-мя рядами сталеполимерных анкеров по длине выработки, позволили снизить вертикальные смещения в 2,2-2,6 раза, что при качественном возведении жесткой опорной конструкции вдоль подготовительной выработки вслед за лавой обеспечивает возможность ее повторного использования для отработки следующей лавы [8].

Опыт применения продольно-балочной крепи усиления, в качестве которой применялся специальный взаимозаменяемый профиль СВП-27, на шахтах им. Е.Т. Абакумова, им. М.И. Калинина и им. А.А. Скочинского подтвердил эффективность использования данной крепи усиления в подготовительных выработках глубоких шахт [9].

С геомеханической точки зрения подобный эффект можно объяснить изменением механизма взаимодействия породных отдельностей приконтурной части непосредственной кровли с основной крепью выработки при наличии жестко-каркасной связи ее комплектов.

Применение жесткой связи комплектов крепи изменяет характер ее взаимодействия с породами зоны неупругих деформаций вокруг выработки, которая идентифицируется как дискретная распорная среда. Физическая модель этого взаимодействия заключается в перераспределении поддерживающего ресурса недогруженных комплектов крепи за счет съема жесткой балкой повышенных нагрузок с перегруженных комплектов и равномерной передачи их на недогруженные комплекты крепи.

В отличие от обычной продольно-жесткая усиливающая крепь не допускает значительных смещений отдельных элементов, поддерживая просевшие арки за счет жесткого продольного стержня. Поэтому при достижении критических нагрузок в этих элементах происходят лишь минимальные смещения, равные изгибным деформациям продольного стержня.

Таким образом, в результате анализа эффективности различных способов обеспечения устойчивости выемочных выработок глубоких шахт в зоне влияния очистных работ, следует признать рациональным использование для этой цели комбинированного способа охраны выработки жесткой литой полосой из цементно-минерального раствора в сочетании с 3-мя или 5-ю сталеполимерными анкерами, установленными в проходческом забое в сочетании с двумя продольными балками из СВП-27 (рис. 3). Это обеспечит

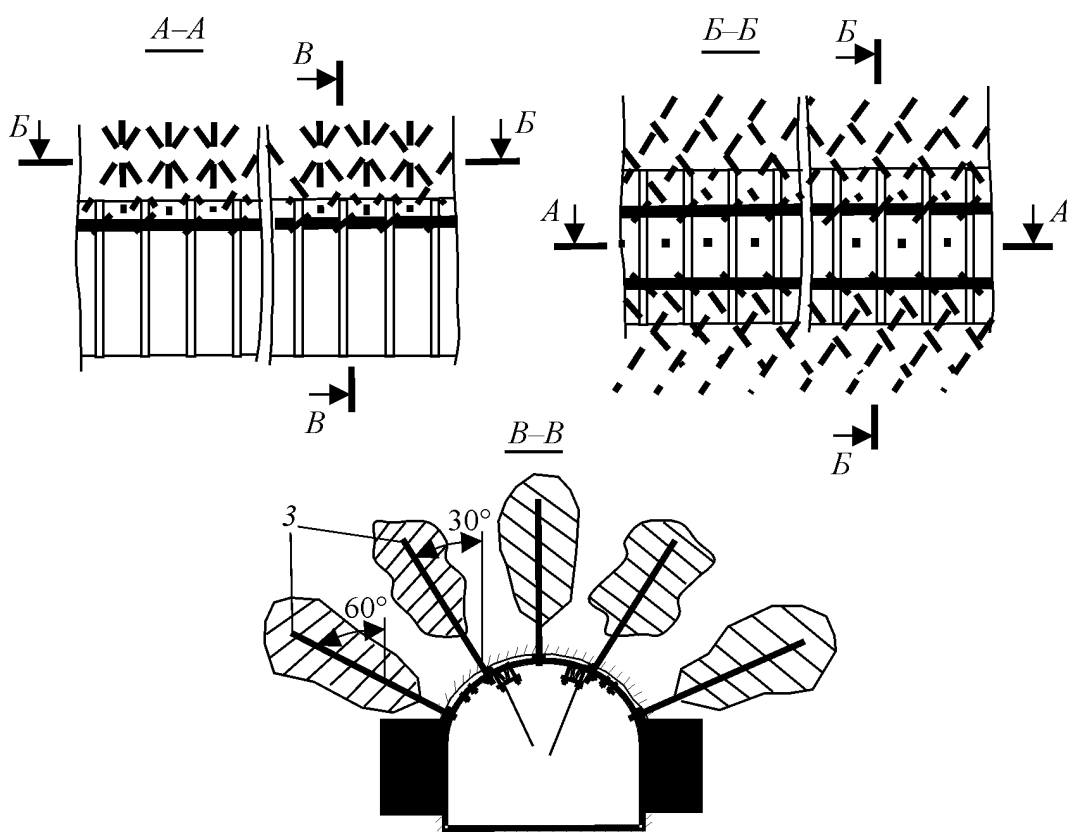


Рис. 3. Конструкция балочно-анкерной крепи усиления выемочной выработки

снижение затрат на установку системы химических анкеров и обеспечит консолидацию комплектов арочной крепи по длине выемочного поля при поддержании выработки на различных участках влияния очистных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвинский Г.Г., Гайко Г.И., Кулдыркаев М.И. Стальные рамные крепи горных выработок. – К.: Техніка, 1999. – 216 с.
2. Байсаров Л.В., Демченко А.И., Ильяшов М.А. Охрана штреков литыми полосами при разработке пологих пластов средней мощности // Уголь Украины. – 2001. – №9. – С. 3–6.
3. Байсаров Л.В. Ресурсосберегающая технология крепления и производства работ по возведению литых полос при поддержании конвейерных штреков // Геотехническая механика: Сб. науч. тр. ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск. – 2003. – №47. – С. 46–52.
4. Ильяшов М.А., Байсаров Л.В. Новые технологические решения в охране концевых участков высоконагруженных лав // Геотехническая механика: Сб. науч. тр. ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск. – 2006. – №61. – С. 79–92.
5. Петренко Ю.А., Касьян Н.Н., Новиков А.О., Сахно И.Г. Новый подход к расчету параметров анкерной крепи // Физико-технические проблемы горного производства. – 2004. – №7. – С. 162–172.
6. Касьян Н.Н., Петренко Ю.А., Новиков А.О., Гладкий С.Ю., Сахно И.Г. Исследование влияния схем анкерования массива на устойчивость выработок //

- XII Международный симпозиум «Геотехника-2006», Гливице-Устронь, 2006. – С. 455–467.
7. Сахно И.Г. Геомеханическое обоснование параметров анкерных систем для обеспечения устойчивости горных выработок / Автореферат диссерт. к.т.н. Донецк. – 2007. – 20 с.
 8. Бондаренко Ю.В., Соловьев Г.И., Захаров В.С. Изменения деформаций контура кровли выемочной выработки при использовании каркасной крепи усиления // Известия Донецкого горного института. 1999. №1. С. 66–70.
 9. Гребенкин С.С., Соловьев Г.И., Демин И.К., Панфилов Ю.Н., Негрей С.Г., Нефедов В.Е., Малышева Н.Н. О сохранении устойчивости конвейерных штреков глубоких шахт / Вестник НГАУ, Днепропетровск, 2003, №10, С. 31–33.
 10. Соловьев Г.И., Панфилов Ю.Н., Толкачев А.Ф., Малышева Н.Н. Определение рациональных параметров арочной крепи с усиливающим сегментом жесткости // Вісті Донецького гірничого інституту, №1, 2005. – С. 39–46.