

В.В. Левит, С.В. Борщевский, В.И. Соколовский
**КОМБИНИРОВАННЫЕ КОНСТРУКЦИИ КРЕПЕЙ
ДЛЯ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ**

Наведені конструктивні рішення щодо кріплення шахтних стовбурів комбінованими багатощаровими системами

THE COMBINED CONSTRUCTION OF THE LINING FOR SHAFTS

The structural designs for the lining of the shafts by combined systems

Многообразие условий поддержания шахтных наклонных и вертикальных стволов обуславливает необходимость выбора крепей комплементарных условиям ведения горных работ. Доказано [1], что наиболее перспективными конструкциями для этих целей являются комбинированные системы.

Рассматривая комбинированные способы крепления стволов, мы определяем это понятие шире, чем многослойные крепи или комбинированные схемы их поддержания. Речь идет о развитии методологии создания комплексных технологий охраны стволов с конкретными конструкциями временной или постоянной крепи, применением регулятивных элементов комплементарных геомеханическим условиям и конструкции крепи. В рассмотренных нами разработках учтены временной характер развития смещений пород в полость ствола и использована «самонесущая функция» (несущая способность) массива пород. Сохранена естественная и повышена остаточная несущая способность пород путем малых энергоемких воздействий на них [2]. В таких крепях сочетаются активные и пассивные элементы, что дает возможность демпфирования (поглощения) смещений пород податливыми элементами в конструкции крепи и в глубине массива.

Главная задача в применении комбинированных способов крепления - минимизировать влияние горного давления на внутренний контур крепи, обеспечить ее механическую и физическую долговечность. Технологическая предпосылка этого базируется на выборе рациональных управляющих воздействий на массив, основную крепь и регламента их взаимодействия. Сложность задачи поддержания стволов обуславливает необходимость совокупного учета геомеханики конкретной ситуации, конструкции крепи и технологии ее возведения.

Шахтными исследованиями установлены количественные показатели формирования трех активных трибогеомеханических зон вблизи стволов, связанных с дезинтеграцией пород: первая – 1,2-1,4 м; вторая на удалении 1,8-2,2 м; третья – более 2,2 м. Эта особенность использована для обоснования предложенных ниже весьма эффективных способов охраны стволов путем формирования в глубине массива демпфирующего слоя, поглощающего смещения пород. Геомеханическая сущность способа заключается в управляемом изменении свойств пород в локальном объеме круговой оболочки, формируемой в зоне дезинтеграции пород, удаленной на расстоянии 1,8-2,2 м. В случае необходимости ослабления зоны, ее трещиноватость формируется камуфлетным взрывани-

ем. Путем нагнетания через скважины химического раствора достигается перевод пород из запредельного состояния в вязко-пластическое. Эффект состоит еще и в том, что сформированная оболочка выполняет функции противofильтративной. Физико-механическое обоснование реализации этого способа связано с определением глубины шпуров, расстояния между ними по высоте ствола и по контуру, и количеством подаваемого химраствора в один шпур. По методике [3] определяется время нагнетания раствора и размер эффективно обработанной зоны пород (м):

$$R_{эп} = \sqrt{\frac{2K(\sigma)P_c \cdot t_n}{\mu \cdot n} \left(1 - \sqrt{\ln \frac{W_0}{W_0 - W_t}} \right)},$$

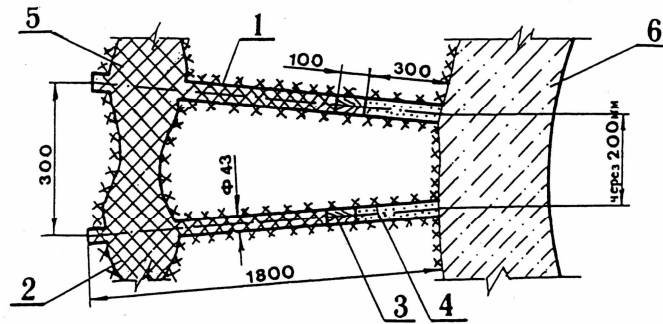
где W_0 – предельное насыщение;
 W_t – требуемое насыщение;
 P_c – давление жидкости в среде;
 μ – вязкость жидкости;
 n – пористость фильтрующей среды;
 t_n – время нагнетания раствора.

Второй особенностью способа является формирование (до 0,8 м) консолидированной породобетонной оболочки вокруг основной крепи ствола возведенной по обычной технологии [4]. Такое совокупное решение обеспечивает управление состоянием массива пород большей толщины, повышение устойчивости приконтурной зоны и несущей способности системы «крепь – массив».

Разработанный способ охраны стволов реализован на шахте им А.Г. Стаханова (вентствол № 7) (рис. 1). Для создания демпфирующей гидроизоляционной оболочки, использования несущей способности связно-нарушенного массива, между щелью и стволом, повышения сопротивления крепи по стенкам ствола, в местах пересечения водоносных пластов из забоя бурили горизонтальные шпуры 1 глубиной 1,8 м.

Путем взрывания камуфлетных зарядов образовывалась кольцевая щель 2 вокруг ствола, контроль за образованием которой проводился при нагнетании воды в шпуры. Перед нагнетанием воды устья шпуров 1 герметизировались деревянными пробками 3 и цементно-песчаным раствором 4, приготовленном на жидком стекле. Открытыми оставались шпуры для нагнетания химраствора и контроля за его прохождением. Нагнетание химраствора 5 производилось через каждые 3-4 горизонтальных ряда заходками по 2 м, укладка бетона в стены ствола 6 – обычным способом через 4 м.

Продолжительное наблюдение в стволе показало эффективность способа как с точки зрения обеспечения устойчивости ствола, так и его гидрозащиты.



1 – шпур; 2 – кольцевая щель; 3 – пробка деревянная; 4 – цементно-песчаный раствор на жидком стекле; 5 – химраствор; 6 - бетонная крепь ствола.

Рис. 1 - Схема формирования податливой оболочки в глубине массива и упрочненной вокруг крепи ствола

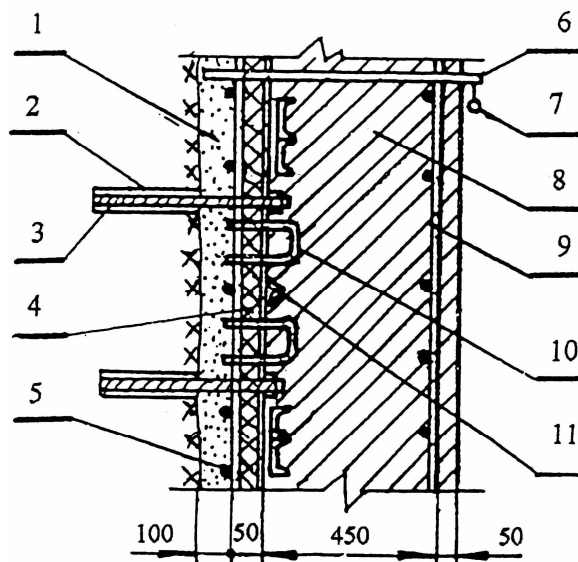
По мнению авторов, такое решение в ряде случаев альтернативно применению чугунных тубингов [5].

Создание демпферного слоя возможно и другим перспективным и эффективным способом. Его геомеханическое обоснование связано с определением протяженности участка цилиндрической части ствола, на которой следует применять данный способ, а также с вычислением параметров анкерной крепи. Вычислив величину зоны неупругих деформаций (пластичности) и принимая глубину анкерования по первой зоне, равной $0,2 r_L^c$, а по второй – $0,35 r_L^c$ определяются геометрические характеристики крепи. (r_L^c - радиус зоны неупругих деформаций).

На рис. 2 показана сущность реализации технологии. Проходка ствола осуществлялась расширенным сечением на глубину заходки. По мере уборки породы из забоя производился монтаж колец двойной металлической оболочки. Сегменты полый оболочки крепились к породному массиву анкерами на патронированном неорганическом вяжущем длиной 1,8 - 2,2 м.

Для обеспечения совместной работы оболочки и бетона к сегментам приварены скобы из арматуры диаметром 20 мм, а для сцепления оболочки с тампонажным раствором к наружным листам приварена арматура. Заполнение оболочки химическим раствором на основе мочевиноформальдегидной смолы, производилось после возведения колонны и набора прочности железобетона.

Для снижения гидростатического давления вода была выведена по дренажным трубкам, а для контрольного давления были установлены манометры.



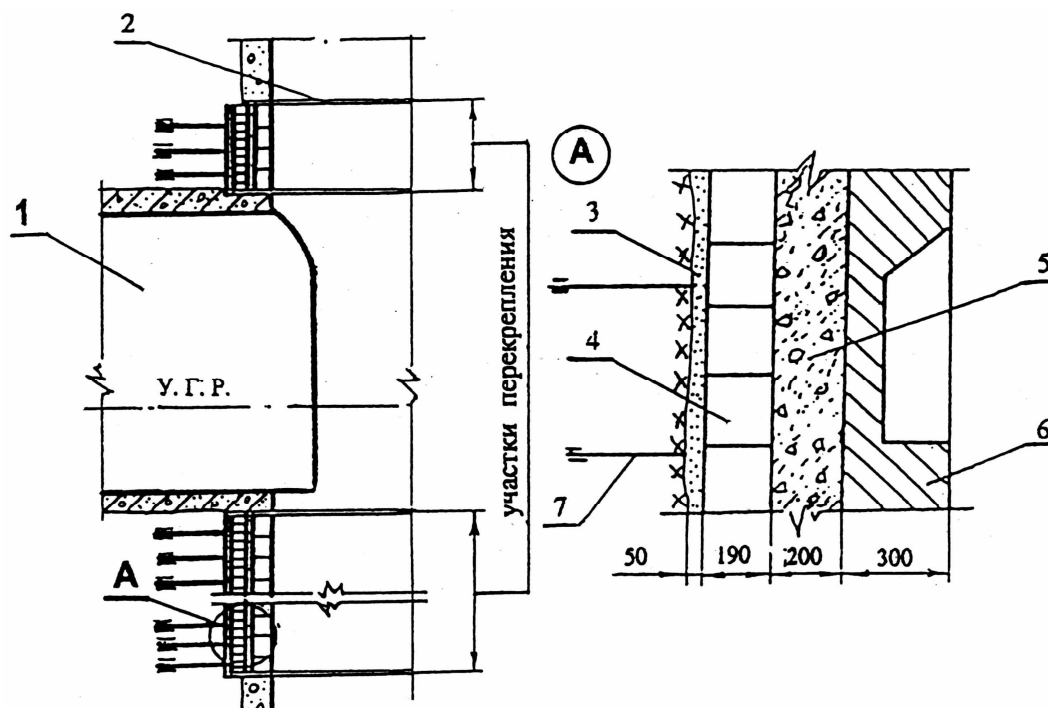
1 - песчано-цементный раствор; 2 - патентованное неорганическое вяжущее; 3 - анкер $l = 1500$ мм; 4 - химический раствор; 5 - арматура; 6 - дренажная трубка; 7 - манометр; 8 - бетон класса В25; 9 - арматурная сетка; 10 - скоба; 11 - сегмент гидроизоляционной оболочки

Рис. 2 - Грузонесущая конструкция крепи ствола с двойной металлической оболочкой, обеспечивающая податливость и гидрозащиту

Как видно, возводимая таким способом крепь является конструкцией высокой грузонесущей способности, содержит элемент податливости в виде оболочки из песчано-цементного раствора толщиной 100 мм и обеспечивает гидрозащиту ствола.

Фундаментальными работами НИИОМШС по геомеханическому обоснованию области применения чугунно-бетонной крепи, сборной железобетонной с затюбинговым бетоном, различных конструкций комбинированных крепей создана прогрессивная концепция охраны стволов в условиях интенсивного горного давления.

Авторами также активно проводятся работы по внедрению железобетонных тюбингов в сочетании с пустотелыми шлакоблоками. Последние при невысокой несущей способности ($(1,34 \pm 0,43)$ МПа) допускают значительные продольные деформации – 3,5-4,5%. Деформирование шлакоблоков и потеря прочности ими в условиях бокового подпора идет медленно с повышением жесткости на участках квазиупругого деформирования. Эффект деформационного разупрочнения и последующего упрочнения в шлакоблоках при нагрузке дает нужную предпосылку для создания радиально-податливых крепей. Один из вариантов такой крепи, разработанный специалистами НИИОМШС, показан на рис. 3. Модельное представление конструкции радиально-податливой крепи дано на рис. 4. Выполненные НИИОМШС расчеты крепи такой конструкции показали, что при работе шлакоблоков в режиме податливости ($U_t = 38-57$ см) окружные напряжения составят 14,8 МПа, что ниже допустимых, равных 16 МПа.



- 1 – сопряжение; 2 – шов податливости; 3 – цементно-песчаный раствор; 4 – шлакоблок; 5 – бетон класса В25 (В 15); 6 – тубинг железобетонный; 7 – анкер

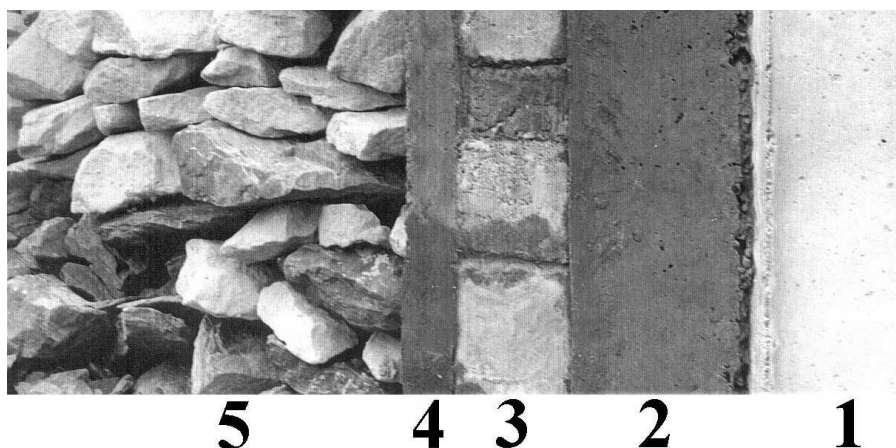
Рис. 3 – Принципиальная схема устройства радиально-податливой крепи в районе сопряжения ствола

Внедрение этой крепи осуществлено при перекреплении ствола № 5 шахты им. А.Г. Стаханова (гор. 986).

Отказ от традиционных объемно-планировочных решений в пользу новых конструкций, обладающих высокой несущей способностью, радиальной податливостью и ремонтпригодностью позволило обеспечить эффективное поддержание крепи ствола в районе сопряжения в деформирующемся породном массиве.

По-нашему мнению, деформационное разупрочнение и упрочнение шлакоблоков в условиях горного давления создают более симметричное нагружение крепи при условии её малой напряженности. Такие крепи выдерживают повышенные нагрузки и компенсируют деформации окружающего массива до 1-2 мм/мес.

Как альтернативное решение применению чугунных тубингов или монолитной железобетонной крепи на шахте «Октябрьский рудник» была внедрена штучная тубинговая железобетонная крепь. Вентиляционный ствол (750-1000 м) крепился тубингами типа ТЖР-6,5 (бетон В25) в направлении сверху вниз.



1 - железобетонный тубинг; 2 - бетон класса В25 (15); 3 - податливый слой из шлакоблоков; 4 - цементно-песчаный раствор; 5 – раздробленное пространство

Рис. 4 - Модельное представление конструкции радиально-податливой крепи

По характеристикам податливости сборная железобетонная тубинговая крепь допускает в семь раз большую вертикальную деформацию, чем монолитный бетон. Горизонтальные деформации таких крепей достигают до 2-3 мм/м, тогда как в монолитной бетонной крепи они не превышают 0,5-1,0 мм/м. Кроме того, применение тубингов позволило отказаться от использования забойной опалубки, четырех опалубочных лебедок, канатов к ним и бетонного завода.

Из изложенного можно сделать вывод, что одной из особенностей поддержания стволов комбинированными конструкциями является их многослойное построение с максимальным вовлечением в работу массива и включение в охранную систему регулятивных элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левит В.В. Оценка состояния геоматериалов и взаимодействия системы «крепь-породный массив» геофизическими методами // Известия Донецкого горного института, 1988. - № 1 (7). – С. 87-89.
2. Потураев В.Н., Булат А.Ф., Виноградов В.В. Геомеханические аспекты управления состоянием горного массива вблизи выработок // Уголь Украины. – 1988. - № 5. – С. 5-7.
3. Прогрессивные технологии полимерного укрепления угля и пород в шахтах // С.В. Янко, В.А. Кузнецов, В.В. Радченко и др. – К.: Техніка, 1993. – 178 с.
4. Максимов А.П., Евтушенко В.В. О геомеханических параметрах трехслойной сталебетонной крепи вертикальных стволов // Горный журнал. – 1973. - №. – С. 33-35.
5. Пшеничный Ю.А., Левит В.В. Технология сооружения горных выработок в сложных горно-геологических условиях (специальные способы строительства). Учебное пособие. – Донецк. – 1997. – 220 с.