

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ляшенко В.И. Природо- и ресурсосберегающие технологии и технические средства для подземной разработки урановых месторождений // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2003. № 4. С.128-133.
2. Ляшенко В.И., Голик В.И. Геомеханический мониторинг горного массива и целиков при подземной разработке урановых месторождений // *Цветная металлургия*. 2003. № 10. С.2-7.
3. Ляшенко В.И., Колоколов О.В., Разумов А.Н. Пути повышения безопасности подземной разработки месторождений урановых руд в зоне предохранительного целика под рекой // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2004. № 2. С.97-101.
4. Ляшенко В.И., Дудченко А.Х. Повышение эффективности подземной разработки урановых месторождений // *Цветная металлургия*. 2004. № 2. С.2-8.
5. Ляшенко В.И. Научные основы повышения безопасности жизнедеятельности в уранодобывающих регионах // *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2004. № 3. С.56-70.
6. Ляшенко В.И., Голик В.И., Разумов А.Н. Повышение безопасности подземной разработки месторождений сложной структуры в зоне предохранительных целиков // *Цветная металлургия*. 2004. № 4. С.2-8.
7. Ляшенко В.И., Голик В.И. Средства геомеханического мониторинга породного массива при подземной разработке рудных месторождений // *Горный журнал*. 2004. № 5. С.47-50.
8. Ляшенко В.И., Колоколов О.В., Разумов А.Н. Создание и внедрение природо- и ресурсосберегающих технологий подземной разработки месторождений сложной структуры // *Цветная металлургия*. 2004. № 9. С.7-14.
9. Ляшенко В.И., Голик В.И. Научные основы геомеханического мониторинга состояния горного массива при подземной разработке месторождений сложной структуры // *Цветная металлургия*. 2004. № 10. С.2-10.
10. Ляшенко В.И., Голик В.И. Геомеханический мониторинг горного массива при подземной разработке месторождений сложной структуры // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2005. № 2. С.68-71.

УДК 622.25

С.В. Борщевский

### **О ВЛИЯНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОХОДКИ СТВОЛА НА КАЧЕСТВО И ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ БЕТОННОЙ КРЕПИ**

Обґрунтовані параметри зведення якісного постійного бетонного кріплення вертикальних стовбів з урахуванням геомеханіки масиву. Наведені результати лабораторних іспитів, спрямованих на оцінку негативних впливів гірського тиску на бетон кріплення на ранніх етапах твердіння.

### **ABOUT INFLUENCE OF THE TECHNOLOGICAL CIRCUIT SINKING OF SHAFT ON THE QUALITY AND WATER RESISTANCE CONCRETE PROP**

The parameters of erection of qualitative constant concrete fastening of vertical trunks are proved in view of the geomechanics of a file. Given results of laboratory tests directed on a rating of negative influences of mountain pressure on concrete of fastening at early stages set of durability.

Вертикальные стволы являются уникальными инженерными сооружениями по масштабу и сложности решаемых технических задач при строительстве и эксплуатации шахт. При этом в общем комплексе горных выработок строящейся шахты на долю стволов приходилось 20...25% стоимости и 30...50% общей продолжительности строительства.

Анализ показывает, что стоимость проходки стволов прямо пропорциональна толщине бетонной крепи и с ее увеличением на каждые 0,05 м возрастает на 5...7%. Одновременно увеличивается объем выемки породы на 2...3%, возраста-

ет расход бетона на 8...15%, а замена монолитного бетона железобетоном при том же диаметре ствола и толщине крепи приводит к увеличению стоимости и трудоемкости работ по проходке ствола на 30%. Поэтому поиск и разработка эффективных направлений сокращения продолжительности строительства вертикальных стволов и снижения расходов материально-технических ресурсов является актуальной научно-технической проблемой, имеющей особо важное народно-хозяйственное значение в связи с острой необходимостью реконструкции и развития угольной промышленности Украины.

В настоящее время наибольшее распространение получила монолитная бетонная крепь стволов, возводимая с помощью передвижных металлических опалубок сверху вниз из сравнительно низких классов бетона по прочности, преимущественно по совмещенной схеме проходки. Такая технология ведения работ в сочетании с транспортированием бетонной смеси с поверхности по трубам обеспечивает высокий уровень механизации и значительные скорости проходки, вместе с тем требует повышенного расхода материально-технических ресурсов и не всегда позволяет получить необходимое качество крепи. Бетонная крепь в вертикальных стволах остается доминирующей крепью, на основе которой стремятся разрабатывать новые технологии крепления стволов.

В работах [1, 2, 3] показано, что взаимодействие крепи вертикального ствола с породным массивом определяется рядом факторов: технологической схемой сооружения, видом крепи, длительностью ее возведения, характером ее контактирования с породами и др. Комбинационное сочетание этих факторов образует самые различные механизмы взаимодействия системы «крепь ствола – породный массив». В основополагающей работе Г.А. Крупенникова [4] обстоятельно рассмотрены режимы взаимодействия крепи ствола с массивом.

По мнению Н.С. Булычева [5] крепь и породный массив первичны, а нагрузка на крепь – следствие их совместной работы, определяемая конкретной конструкцией крепи и конкретным массивом пород. При таком подходе содержание понятия «нагрузка на крепь» утрачивает свое значение, так как определяющую роль во взаимодействии системы играют «контактные напряжения».

На основании этих положений [6] способы и принципы повышения устойчивости вертикальных стволов угольных шахт можно объединить в следующие группы:

- 1) выбор рациональной формы и субоптимальных параметров крепи, соответствующих геомеханическим (реологическим) свойствам приконтурных пород и режиму их взаимодействия со стволом;
- 2) выбор специальных регулятивных элементов, обеспечивающих эффективную реализацию конструктивных и технологических решений по защите крепи и ствола в целом;
- 3) выбор способов и средств управления состоянием вмещающих ствол пород с целью повышения их приконтурной и глубинной устойчивости;
- 4) защита стволов от влияния проходимых выработок и очистных работ;
- 5) комбинация выше перечисленных способов и принципов.

Исследованиями [7] установлено, что взаимодействие системы «бетонная

крепь-порода» во времени подразделяются на два периода. Первый – характеризуется интенсивным ростом смещений пород и нагрузок на крепь; второй – сравнительно медленным увеличением смещений и нагрузок.

При этом нагрузка рассматривается как реакция крепи на перемещения, развивающиеся в породном массиве на контуре выработки, величина которых зависит от механической характеристики крепи.

В соответствии со схемой совместного деформирования общее перемещение породной стенки за определенный промежуток времени  $U_{\infty}(P)$  складывается из двух частей: начального перемещения до установки крепи  $U_0$  и перемещения на внешнем контуре крепи  $U_p$ , развивающегося в результате совместного деформирования крепи с массивом

$$U_{\infty}(P) = U_0 + U_p \quad (1)$$

Величина отставания постоянной крепи от забоя при совмещенной технологической схеме определяется по формуле

$$l = l_0 + l_n + l_в \quad (2)$$

где:  $l_0$  – высота опалубки, м;  $l_n$  – высота оставляемой породной подушки;  $l_в$  – протяженность участка массива ниже забоя, в пределах которого происходят скрытые смещения пород к оси ствола.

Принимают:  $l_n = 0,5$  м;  $l_в = 0,5(l_0 + l_n)$ .

Радиальное смещение стенок ствола с учетом влияния забоя рассчитывают по формуле

$$U_0^* = U_0 \cdot f_3 \quad (4)$$

$U_0$  – начальное смещение стенок ствола в сечении, удаленном на расстоянии  $l \geq 4r_1$ ;  $f_3$  – значение корректирующей функции, учитывающей влияние забоя на радиальное смещение незакрепленных стенок, определяемая по графику рис. 1, из которого следует, что основные смещения протекают в первый период на участке протяженностью до 4 радиусов ствола в проходке.

Если принять скорость подвигания забоя 60 и 120 м в месяц, то продолжительность первого периода составит для ствола с диаметром в проходке 7,6 м, соответственно:

$$\frac{4r_1}{V_{np}} = \frac{3,8 \cdot 4}{2} = 7,6 \text{ сут}$$

$$\frac{4r_1}{V_{np}} = \frac{3,8 \cdot 4}{4} = 3,8 \text{ сут} \quad (5)$$

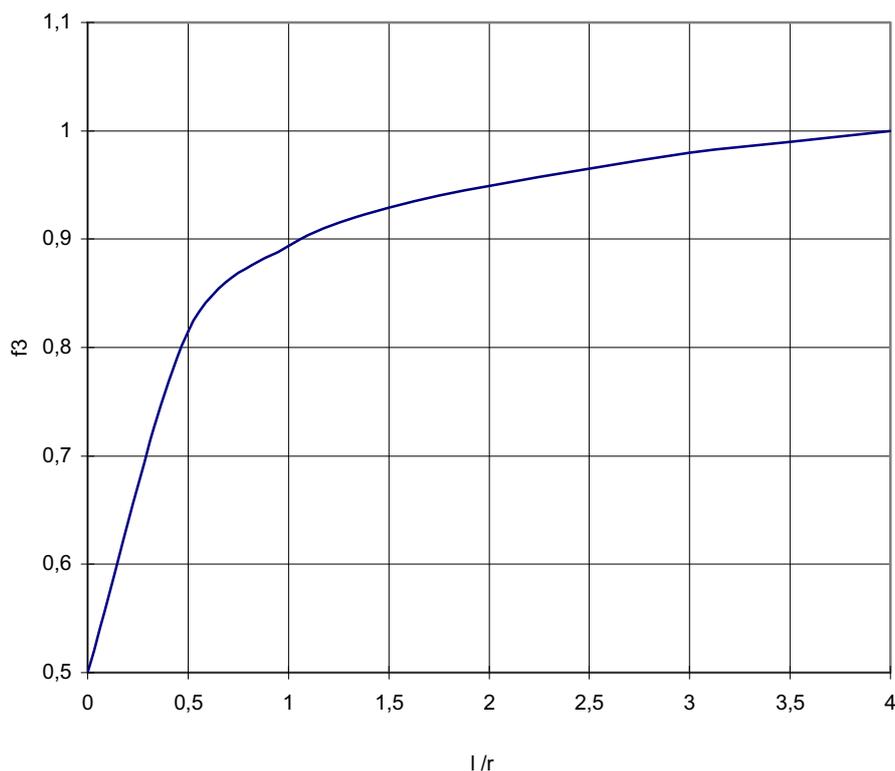


Рис. 1 – График зависимости корректирующей функции от расстояния сечения крепи до забоя ствола

а продолжительность проходческого цикла, в течение которого стенки ствола остаются не закрепленными, соответственно

$$\frac{4,2 + 0,5}{2} \cong 2,4 \text{ сут}$$

$$\frac{4,2 + 0,5}{4} \cong 1,2 \text{ сут}$$

(6)

Отсюда следует вывод, что при совмещенной технологической схеме проходки ствола, предусматривающей возведение бетонной крепи вслед за продвижением забоя, процесс твердения бетона совмещается с первым периодом. При этом, чем выше скорость продвижения забоя ствола, тем более интенсивному возведению горного давления подвигается бетон крепи в раннем возрасте твердения.

Под воздействием возникающих напряжений в твердеющем материале происходит развитие пластических деформаций и ползучести, которые в целом не разрушая конструкцию, приводят к разрыву кристаллических связей и образованию дислокаций, что снижает конечную прочность твердеющего материала.

В связи с этим для оценки негативных воздействий горного давления на бетон крепи на ранних этапах твердения были проведены лабораторные исследования, позволившие получить зависимости снижения прочности бетона в ре-

зультате нагрузки в начальный период твердения, равный 168 часов.

В качестве способа определения прочностных свойств бетона было принято раздавливание их на прессе.

Исследованиями ставилась задача определения прочности бетона на протяжении 7 суток (168 часов) и изменения прочности в зависимости от различной величины пригрузок для каждого момента времени этого периода.

Для получения достаточно представительных результатов было запланировано провести две серии экспериментов.

Первая серия, контрольная, состояла из испытаний образцов в возрасте 1, 3, 7 и 28 суток без пригруза (по два образца в каждом возрасте). Всего 8 испытаний.

Вторая серия включала испытания образцов в возрасте 1, 3 и 7 суток с пригрузом 10, 30, 50, 70 и 90% от прочности контрольного образца, процесс твердения которого происходил без внешних пригрузок (по два образца). всего 30 испытаний.

Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 10180-90 и СНиП 2.03.01-84 [7,8,9].

Для испытания изготавливались образцы в виде куба с ребром 70 мм в неразъемных формах с технологическим уклоном из бетона класса В15 (М200) по прочности следующего состава (из расчета на 1 м<sup>3</sup> бетона):

Цемент	- 360 кг
Песок	- 705 кг
Щебень	- 1102 кг
Вода	- 192 кг
В/Ц	- 0,6
Подвижность	- 17 см.

Испытание контрольной серии производилось на стандартном испытательном прессе П125 с точностью до 0,1 МПа.

Прочность бетона в образце определялась по формуле

$$R_i^k = \alpha \frac{F}{A} \quad (7)$$

где  $F$  – разрушающая нагрузка, Н;  $A$  – площадь рабочего сечения образца, мм<sup>2</sup>;  $\alpha$  – масштабный коэффициент, равный 0,85 для куба с ребром 70 мм.

Средняя прочность серии из двух образцов  $R_S$  определялась ( $n=2$ ) с коэффициентом  $d_1=1,13$ .

Для испытания образцов с пригрузом был использован ручной винтовой гидравлический пресс с тарированными пружинами, способными развивать усилие до 90 и 95 кН. Нагрузка, создаваемая прессом, определялась по величине деформации пружины.

В связи с непредставившейся технической возможностью создания непрерывно возрастающей нагрузки в заданный период времени пригрузения производились поэтапно через 2 часа с 7 часов до 19 часов каждых суток.

На основании обработки данных эксперимента были получены следующие

зависимости, которые описываются следующими корреляционными уравнениями:

$$\begin{array}{ll}
 R_t & R=-0.285x^2+3.905x-2.346 \\
 0,1R_t & R=-0.239x^2+3.6x-2.185 \\
 0,3R_t & R=-0.214x^2+3.343x-2.087 \\
 0,5R_t & R=-0.171x^2+2.727x-1.689 \\
 0,7R_t & R=-0.109x^2+1.83x-1.15 \\
 0,9R_t & R=-0.027x^2+0.614x-0.367
 \end{array} \quad (8)$$

Анализ данных позволяет сделать следующие выводы:

- под воздействием пригрузок на бетон на ранних этапах твердения, наиболее существенное влияние на его конечную прочность оказывают пригрузки величиной более  $0,5R_t$ . Так при пригрузке  $0,1R_t$  прочность бетона на 7 суток составила 98% от прочности материала, не подвергнутому воздействию пригрузки, при величине  $0,5R_t$  – 78%,  $0,7R_t$  – 55% и  $0,9R_t$  – 23%;

- чем выше скорость продвижения забоя, тем более интенсивному воздействию горного давления подвергается бетон крепи в раннем возрасте твердения;

- для исключения вредного влияния интенсивно возрастающего горного давления в первом периоде необходимо постоянную монолитную бетонную крепь возводить с отставанием от забоя равным, не менее чем четырех радиусов, сечения ствола в черне.

Кроме того, такое отставание постоянной крепи от забоя исключает вредное влияние буровзрывных работ на твердеющий бетон.

Повышение класса бетона по прочности и водонепроницаемости, а также качества бетонной крепи может быть достигнуто: применением жестких бетонных смесей со спуском в специальных контейнерах и укладкой за опалубку с вибрированием; отставанием постоянной крепи от забоя, в целях предохранения бетона в раннем возрасте твердения от вредного влияния буровзрывных работ и интенсивного роста горного давления в первом периоде его проявления, а также снижения переборов пород.

Перспектива совершенствования технологии крепления должна быть связана с применением упрочняющей гидростойкой крепи, цементации и использованием геомеханических факторов при рассмотрении совместной работы системы «крепь ствола – вода – породный массив», что потребует дополнительных исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миндели Э.О., Тюркян Р.А. Сооружение и углубка вертикальных стволов шахт. – М.: Недра, 1982. – 312 с.
2. Козел А.М., Борисовец В.А., Репко А.А. Горное давление и способы поддержания вертикальных стволов. – М.: Недра, 1976. – 293 с.
3. Булычев Н.С. Основные вопросы строительной механики вертикальных стволов, сооруженных бурением и обычными способами: Автореф. ... дис. док. техн. наук: 05.313/ЛГИ., 1971. – 56 с.
4. Крупенников Г.А. Горнотехнические принципы постановки аналитических задач механики горных пород / Проблемы механики горных пород. – Алма-Ата, Наука, 1966. – с.226-237.
5. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. М.: Недра, 1982. – 270 с.
6. Левит В.В. Геомеханические основы разработки и выбора комбинированных способов крепления вертикальных стволов в структурно неоднородных породах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени

д-ра наук. Днепропетровск, 1999, - 36с.

7. Указания по определению параметров и конструкций крепи вертикальных стволов и приствольных камер на больших глубинах в горно-геологических условиях Центрального и Стаханово-Первомайского районов Донбасса. Л.: ВНИМИ, 1981, 72 с.

8. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции. Госстрой СССР. – М.: Издательство стандарт, 1989.

9. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Госстрой СССР. – М.: Издательство стандартов, 1990.

**УДК 622.33**

А.Л. Гриффен

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

Наведено дані аналізу основних причин руйнування кріплення вертикальних стволів вугільних шахт. Визначено параметри процесів теплопередачі при подачі повітря в зимовий час і запропоновані технічні рішення, що виключають процес льодоутворення в місцях обмерзання кріплення.

## **OPTIMIZATION OF EXPENDITURES AT EXPLOITATION OF SHAFTS OF COAL MINES**

The results of analysis of the main causes of vertical shaft lining destruction are presented. Parameters for the heat transfer processes during air supply in winter period are determined and engineering solutions are proposed preventing ice formation in the places of lining frosting

Производственная мощность шахты определяется пропускной способностью основных технологических звеньев, в частности, подъемом, одним из основных элементов которого является шахтный ствол. Удельный вес основных фондов при подземном способе добычи достигает 90% затрат, из которых на подземные сооружения и горные выработки приходится 60%. В частности, по Донецкому бассейну на шахтные стволы приходится 28,3% от стоимости подземных сооружений [1]. Особенностью шахтных стволов является необходимость поддержания их работоспособного состояния на весь срок службы предприятия.

Данные о состоянии крепи 408 действующих стволов 150 угольных шахт Украины свидетельствуют, что у 40% из них за время эксплуатации возникали нарушения крепи. В процессе эксплуатации стволов на надежность и долговечность их крепи, в основном, оказывают влияние: непредвиденные сложные горно-геологические условия, очистные работы, поддержание выработок околоствольного двора и наличие агрессивной среды, обмерзание и низкое качество крепи.

В удельном весе основных причин, вызывающих нарушения крепи, 9% приходится на обмерзание крепи стволов, вызванное недостаточным обогревом в зимнее время. Это приводит к их обмерзанию до глубины 300-400 м и деструктивным процессам в крепи, которые усугубляются агрессивностью шахтной воды или низким качеством материала крепи. Обмерзающая поверхность бето-