

УДК 622.25.(06)

М.Б. Сотников, М.В. Плешко, С.В. Борщевский

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ
ВЕЛИЧИНУ ФАКТИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДИ
ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ В ПЕРИОД
ПРОХОДКИ**

Рассмотрен алгоритм определения длительной прочности пород. Исследовано влияние прочности пород, скорости проходки ствола, объема притока воды и других факторов на устойчивость стенок ствола и размеры его фактического сечения. Ключевые слова: вертикальный ствол, прочность пород, площадь сечения, скорость проходки.

Семинар № 19

Одним из проблемных аспектов строительства вертикальных стволов угольных шахт и рудников являются значительные отклонения фактической площади сечения выработки в проходке от проектных размеров вчерне, причинами которых являются некачественное ведение буровзрывных работ, вывалообразование и др.

Негативное влияние увеличения поперечного сечения ствола в проходке, а соответственно и толщины крепи, на технико-экономическую эффективность строительства стволов исследовано в ряде работ.

Так установлено, что стоимость проходки стволов прямо пропорциональна толщине монолитной бетонной крепи и с ее увеличением на каждые 0,05 м возрастает на 5 - 7%. Одновременно увеличивается объем выемки породы на 2 - 3%, возрастает расход бетона на 8 - 15 %. Полученные корреляционные зависимости стоимости и трудоемкости сооружения 1 погонного метра ствола от толщины монолитной бетонной крепи [1] имеют вид

$$C = 421,121 + 0,436 \delta,$$

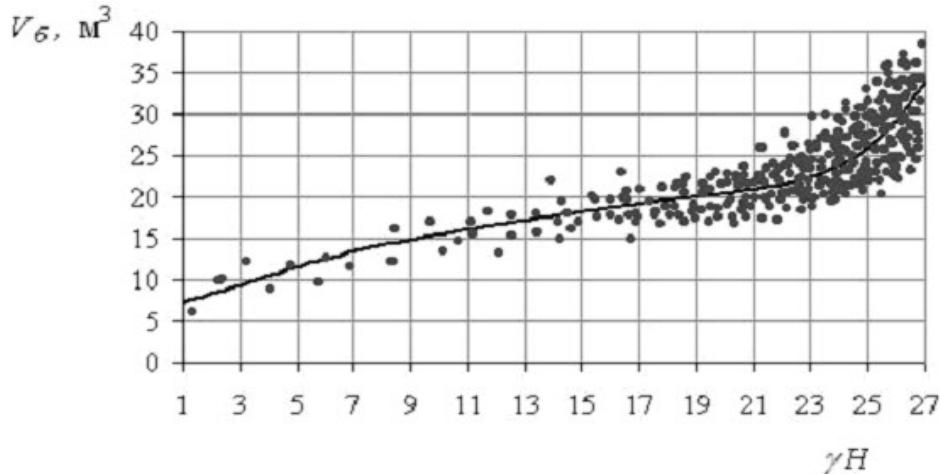
$$T = 103,003 + 0,043\delta;$$

где δ - толщина крепи, мм.

В связи с этим, для определения причин формирования геометрических отклонений при сооружении стволов, выполнен статистический анализ по ряду факторов.

В качестве исследуемых объектов были приняты стволы шахт с пологим залеганием пород. Сбор данных производился применительно к стволам Донецкого бассейна. Всего обследовано 18 стволов, общей протяженностью 16,37 км, закрепленных монолитной бетонной, железобетонной, а также любинговой крепью, с заполнением затюбинового пространства бетоном.

Участки, где расход бетона на возведение крепи превышал величину допустимого перерасхода материалов, считались очагами отклонений. Разница между фактическим и проектным расходом материалов на крепление принималась в качестве количественного критерия величины отклонений. Далее производился перерасчет величины перерасхода бетона



Зависимость перерасхода бетона при креплении стволов от параметра γH

на 1 м готового ствола, V_6 , изучались горно-геологические характеристики вмещающего горного массива и горнотехнологические условия проходки.

В качестве исходных факторов анализа, фиксируемых геологической разведкой и маркшейдерской службами шахтостроительных организаций, приняты:

X_1 – критерий прочности пород, $R/\gamma H$, где R – длительная прочность пород, МПа, γ – объемный вес пород, МН/м³; H – глубина, м; X_2 – коэффициент трещиноватости пород, k_t ; X_3 – высота обнажения пород забоя, h_0 , м.; X_4 – остаточный водоприток, W , м³/ч; X_5 – отношение диаметра ствола к высоте обнажения пород забоя, D/h_0 , м; X_6 – время нахождения породы в обнаженном состоянии, t_0 , ч; X_7 – коэффициент характеризующий ориентацию трещин по отношению к вертикальной оси ствола, k_o ; X_8 – скорость проходки, V , м/мес.

Вычисление длительной прочности выполнено с учетом реологических показателей пород. Исходя из положений теории упруго-наследственных сред, длительная прочность может быть описана уравнением вида [2]:

$$R = R_{np} \sqrt{1 - \chi/\beta},$$

где R_{np} – приведенное значение длительной прочности в зависимости от коэффициента крепости; χ/β – реологический показатель, определяемый экспериментальным или расчетным путем.

Результаты многофакторного анализа позволили определить качественную структуру зависимости показателя величины V_6 от горнотехнологических и горно-геологических условий. Установлено, что на величину объема перерасхода бетона наибольшее влияние оказывают три фактора: критерий прочности пород, остаточный водоприток, темпы сооружения ствола.

Получена следующая зависимость величины перерасхода бетона на возведение крепи от выявленных доминирующих факторов:

$$V = 6,25 / (1 - 0,84 \cdot \exp^{2,4R/\gamma H}) + \\ + 1,54 \cdot 1,005^W \cdot W^{0,64} + \\ + 0,71 / (1 - 0,98 \cdot \exp^{-0,0003V}).$$

Выполненный анализ свидетельствует о том, что с увеличением глубины

вертикальных стволов перерасход бетона на крепление возрастает. Так на рисунке представлена зависимость величины V_6 от параметра γH , полученная для слабых пород. На больших глубинах она имеет характер, близкий к гиперболическому.

Поэтому в современных условиях, характеризующихся средней глубиной сооружаемых вертикальных стволов порядка 1000 м, необходима разработка дополнительных мер по соблюдению проектных размеров вертикальных выработок. Одним из возможных решений является переход на параллельную схему проходки с упирочняющей анкерной крепью, которая позволяет снизить объем вывалов породы, а также создает предпосылки для перехода на эффективное контурное взрывание.

В благоприятных горно-геологических условиях может применяться комбинированная крепь на основе набрызгбетона и анкеров, рекомен-

дуемая в частности нормативными документами [3] для применения в вентиляционных стволях с гибкой армировкой. Однако при большой глубине стволов возможность применения канатной армировки практически исключается вследствие большой суммарной длины канатов, их быстрого износа, а также сложности обеспечения устойчивого движения подъемного сосуда по стволу. Это обстоятельство является сдерживающим фактором по более широкому внедрению ресурсосберегающей набрызгбетонной крепи в глубоких вертикальных стволях. С целью решения данной проблемы необходима разработка конструкций жесткой армировки для стволов, закрепленных набрызгбетонной крепью, которые должны учитывать геометрические параметры фактических сечений стволов с возможными отклонениями, а также физико-механические и структурные свойства вмещающего массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сыркин С.П. Влияние типа и толщины крепи на технико-экономические показатели проходки стволов // Совершенствование проектирования и строительства угольных шахт: Сб. науч. тр. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001. – С. 129 - 135.
2. Шашенко О.Н., Пустовойтенко В.П. Механика горных пород: Підручник для ВУЗів. – К.: Новий друк, 2004. – 400 с.
3. СНиП II-94-80. Подземные горные выработки / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 31 с. **ГИАБ**

Коротко об авторах –

Сотников М.Б. – аспирант кафедры «Подземное, промышленное, гражданское строительство и строительные материалы». Шахтинский институт Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Россия, Ростовская область, г. Шахты,

Плешко М.В. – ассистент кафедры «Подземное, промышленное, гражданское строительство и строительные материалы». Шахтинский институт Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Россия, Ростовская область, г. Шахты, e-mail mspleschko@rambler.ru.

Борщевский С.В. – доктор технических наук, профессор кафедры «Строительство шахт и подземных сооружений» Донецкого национального технического университета (Украина), e-mail borshevskiy@gmail.com.