

рактрных схемах деформации крепи было установлено, что вектор наибольшей нагрузки приходится на точки с угловыми координатами $60...80^0$ по горизонтали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панишко А.И. Исследование характера деформирования металлической арочной крепи в условиях влияния очистных работ // Науковий вісник НГА України. – 1999. - №5. - С.96-98.
2. Тулуб С.Б., Панишко А.И., Мартыненко С.В. Оценка угла установки анкера в системе «арка-анкер» // Науковий вісник НГА України. – 2000. - №1. - С.11-14.
3. Очкуров В.Н. Упрощенный способ замера нагрузок на металлическую крепь / Устойчивость и крепление горных выработок. Межвуз. сб. Вып.6. - Л., изд. ЛГИ.-1980.- С.112-114.
4. Шашенко А.Н. Устойчивость подземных выработок в неоднородном породном массиве. Дисс....докт. техн. наук. ДГИ: Днепропетровск, 1988.-510с.

УДК 622.252.8+622.831

В.В. Левит, Б.М. Усаченко, С.В. Борщевский

ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПЕРЕДОВОЙ СКВАЖИНЫ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ВЫПУСКА ПОРОДЫ ИЗ ЗАБОЯ СООРУЖАЕМЫХ СТВОЛОВ

Досліджено геомеханічний стан породного масиву біля спряження вибою шахтного стовбура і передової свердловини стосовно обґрунтування параметрів комбінованої їх проходки.

Актуальность задачи оценки устойчивости вертикальных скважин возрастает в связи с тем, что использование их существенно повышает эффективность и безопасность эксплуатации шахт. Анализ показывает, что использование передовых скважин (диаметром 1,0-4,0 м) при сооружении вертикальных стволов угольных шахт является одним из перспективных решений для разработки комбинированной их проходки.

Главнейшим преимуществом комбинированных технологий с передовой скважиной является совмещение в едином процессе отбойки и самоуборки пород из забоя ствола, что создает предпосылки для высокого уровня автономности углубочных работ и интенсификации горнопроходческих процессов. В

совокупности это обеспечивает существенное повышение технико-экономических показателей проходки стволов и безопасности труда проходчиков. Однако полное отсутствие нормативной базы проектирования таких технологий, типовых решений и проектов-аналогов препятствует широкому их применению при вскрытии и подготовке глубоких горизонтов шахт. Отсутствуют научно-обоснованные подходы к выбору рациональных диаметров передовых скважин с учетом геомеханических и горно-технологических факторов, не оптимизированы параметры буровзрывной отбойки пород при комбинированной технологии, обеспечивающие устойчивость скважин и требуемый гранулометрический состав горной массы, не решены вопросы взаимоувязки в технологическом цикле работы в забое ствола и на нижнем, принимающем породу, горизонте, не разработаны критерии оценки области применения и экономической эффективности оценки технологий с передовой скважиной.

В ключе сказанного на базе натурных измерений в скважинах различного диаметра выполнено изучение деформационных процессов в призабойно-околоскважинном пространстве с целью установления закономерностей, определяющих долговременную устойчивость сопряжения забоя ствола и передовой скважины для эффективного выпуска разрушенной породы.

Центральная задача здесь связана с оценкой длительного разрушения пород вокруг сопряжения, как строительно-эксплуатационной системы, и геомеханическим обоснованием формы забоя ствола, при которой обеспечивается максимально самотечный выпуск дробленных взрывом пород по передовой скважине.

Методикой натурных измерений предусматривалась оценка зон разрушения прискважинных пород по каротажным кавернограммам с привязкой данных измерений по глубине скважин и к литологии пород. Для кавернометрической диагностики были отобраны 22 скважины, пробуренные на шахтных полях Донбасса. Глубина заложения скважины измерялась в пределах 226-873 м, их диаметр варьировал в диапазоне 2,6-4,2 м. Прочность пересекаемых скважинами пород колебалась от 20 до 110 МПа. В методических предпосылках приняты общепризнанные подходы в оценке деформационных процессов вблизи сопрягаемых выработок: трехмерный характер напряженного состояния, формирование зон разрушения пород вблизи скважин (коаксиальных, овальных, асимметричных, прерывистых), образование вытянутой под забоем ствола (3,5-4,8 м) эллипсовидной зоны разрушения пород; суперпозиция зон

напряжений под забоем ствола и вокруг передовой скважины. Исходя из этого решения геомеханической задачи устойчивости передовой скважины подчинено выбору ее устойчивости по фактору развития долговременных деформационных процессов в породах и обеспечения самотечного выпуска из забоя ствола горной массы после взрыва.

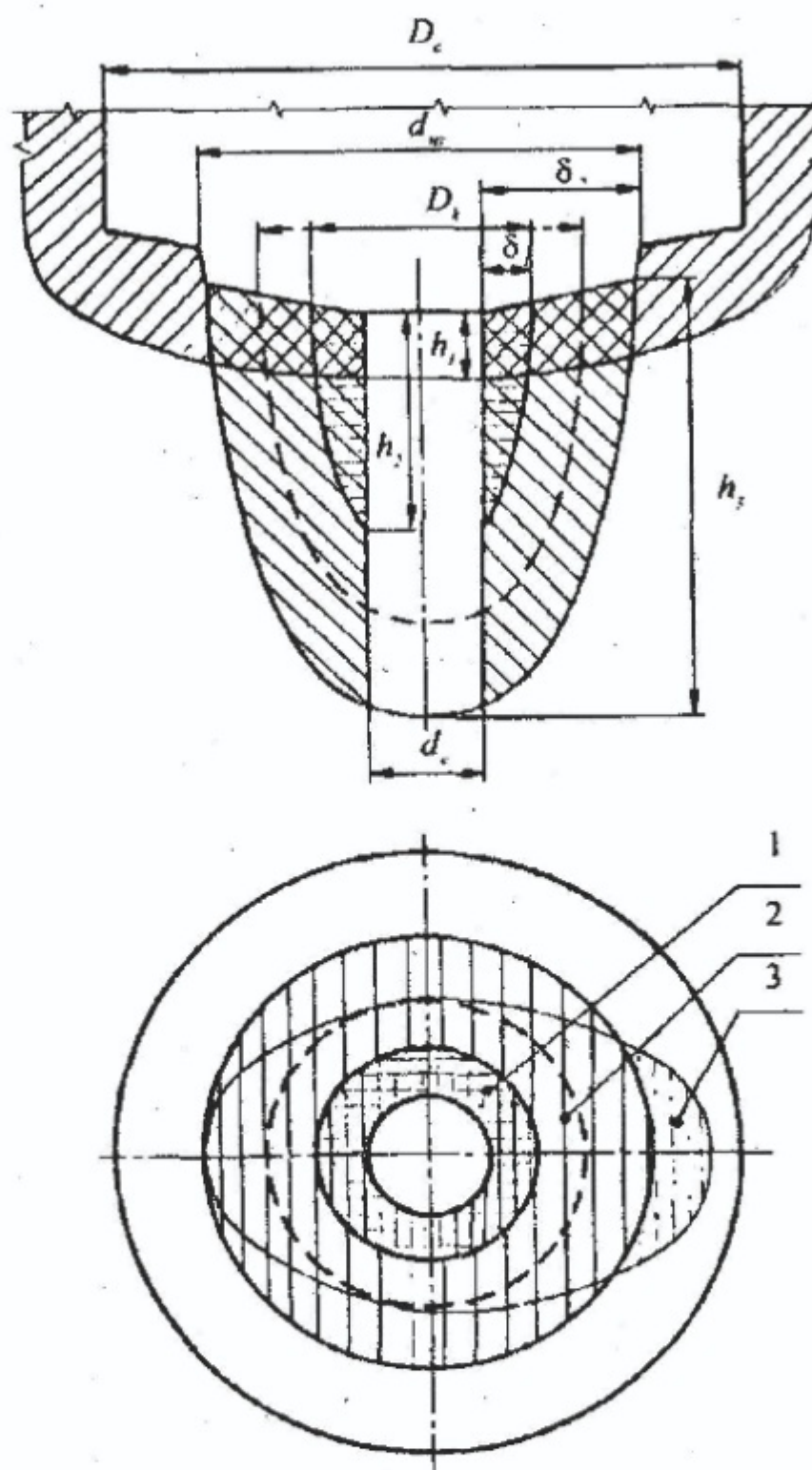
Искомый диаметр передовой скважины (d_c) можно выразить феноменологической зависимостью

$$d_c = K_{np} \cdot d_k + U_i(r_L, K_c, A_{mp}), \quad (1)$$

где K_{np} – коэффициент пропорциональности в связи $d_k - d_c$; d_k – диаметр пропускаемых кусков горной массы; U_i – временные смещения пород контура скважины в зависимости от величин относительно радиуса зоны неупругих деформаций (r_L), коэффициентов структурного ослабления (K_c) и трещиноватости (A_{mp}).

На базе совокупности сформулированных предпосылок механо-механические схемы геомеханического пространства системы «забой ствола – передовая скважина» (рис. 1) и выполнено паспортно-технологическое моделирование расчетно-конструктивной схемы (рис. 2).

К числу анализируемых параметров отнесены: диаметры малой ($D_{мз}$) и внешней ($D_{вз}$) зон, высота (Δh) каверн по скважинам, толщина каверн ($\Delta D_{мз}$, $\Delta D_{вз}$). Обработка материала измерений в скважинах была подчинена получению основного параметра D_k/d_c и установлению его зависимости от показателя горнотехнических условий $\gamma H_c/R_c$ (D_k – предельное значение каверн, γ – плотность пород, H_c – глубина, R_c – предел прочности пород на одноосное сжатие). Поскольку величина смещения пород в полость скважины является дополнительным фактором выбора диаметра передовой скважины, была осуществлена их оценка по выдавливанию (выпору) пород контура. Установлено, что отношение D_k/d_c изменяется в пределах 0,801 – 0,980, при этом ΔD_k варьирует от – 0,06 до – 0,77, т.е. $\Delta D_k/d_c$ составляет 0,02 – 0,199. Потеря радиуса скважин (Δr_c) по разным сечениям варьирует в больших пределах – 4-38%, при среднем значении 24 см, а после исключения аномальных значений величина составляет 19%. Сужение диаметров скважин в среднем составило 12%. С учетом физического смысла комбинаций анализируемых показателей получено выражение для вычисления предельных значений искомого параметра:



1 – малая система (зона); полость скважины – приконтурный массив; 2 – внешняя зона: приконтурный – глубинный массив; 3 – потенциально возможная (внешняя зона)

Рисунок 1 – Схематичное механо-геометрическое представление геомеханического пространства системы «забой ствола – передовая скважина»

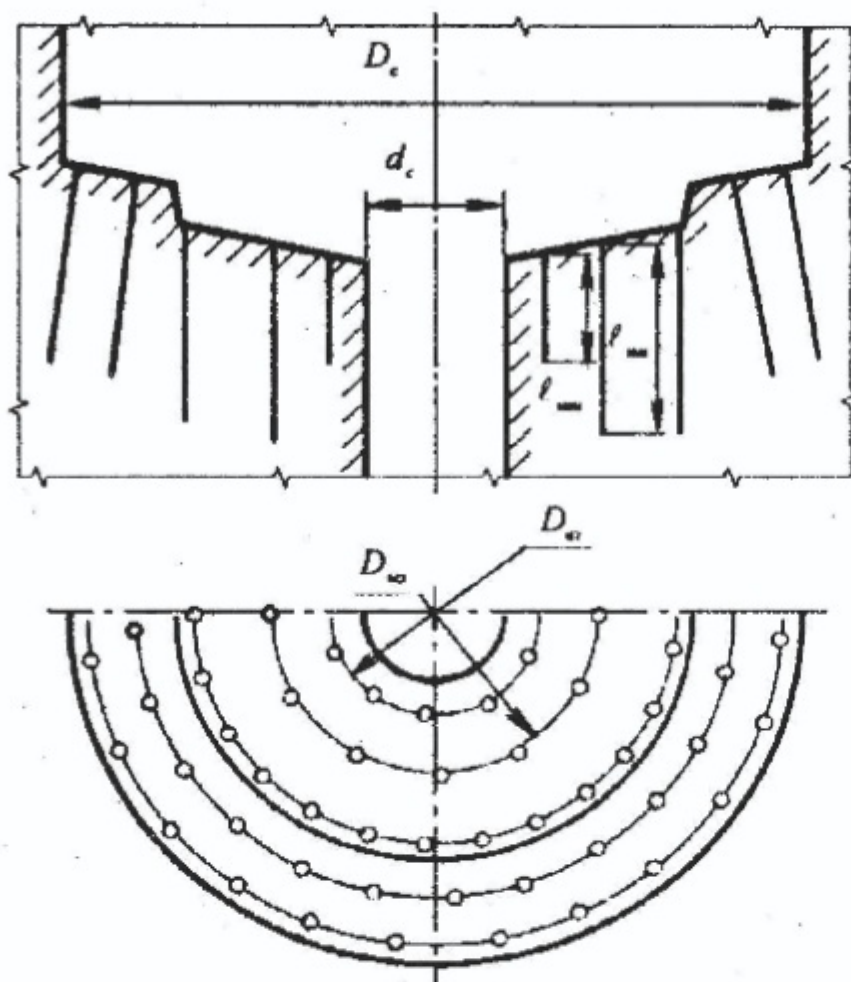


Рисунок 2 – Паспортно-технологическое моделирование
расчетно-конструктивной схемы системы
«забой ствола - передовая скважина»

$$\Delta D_k / d_c = \Delta d_c = d_c \left(K_c \frac{\gamma H_c}{R_c} - \frac{\sigma_{ост.}}{\gamma H_c} \cdot A_{тр.} \right) \cdot 100. \quad (2)$$

Для условий $\sigma_{ост.} / \gamma H_c = 0,2$; $A_{тр.} = 0,4$; $K_c = 0,5$; при $\sigma_{ост.} / \gamma H_c = 0,1$; $A_{тр.} = 0,3$; $K_c = 0,4$. Для монолитных пород $K_c = 1,0$, $A_{тр.} = 1,0$. Для полученного уравнения коэффициент корреляции составляет 0,78, а отклонение рассчитанной искомой величины (D_k/d_c) от эмпирической не превышает 20%. Выполненными расчетами установлено, что для указанных выше условий и диаметров передовой скважины 1, 1,2 и 1,5 м увеличение Δd_c составляет 4,5 – 23,5 см. Для практических целей можно считать, что увеличение диаметра передовой скважины по геомеханическому фактору должно составлять 10-15% по отношению к выбранному по эффективным условиям выпуска разрушенной горной массы из забоя ствола.

Вторая часть геомеханической задачи сопряжена с нахождением и описанием особенностей формирования зон деформирования и разрушения пород в призабойно-околоскважинном пространстве для выбора параметров уступной формы забоя ствола.

Статанализом зависимости $\gamma H_c / R_c - D_\kappa / d_c$ установлено, что при значениях $1,01 < D_\kappa / d_c \leq 1,5$ и значениях $\gamma H_c / R_c \leq 0,2$ указанная функция практически не зависит от показателя горнотехнических условий. Для значений $1,5 < D_\kappa / d_c \leq 2,5-3,0$ получена линейная зависимость связи указанных комбинаций показателей:

$$(D_\kappa / d_c)_{\max} = A_0 + 2\gamma H_c / R_c, \quad (3)$$

где $\sqrt{1,618} \leq A_0 \leq 1,618$ – величины чисел, определяемых законом пропорциональных сечений (правило золотого сечения). Коэффициент корреляции для уравнения (3) равен 0,712, относительное отклонение вычисленных величин D_κ / d_c не превышает 22%.

Изучение послойного отторжения пород (Δd_p) контура скважин позволило установить, что

$$\Delta d_p = \frac{D_\kappa / d_c}{2} = 1,1 D_\kappa / d_c - 1,047. \quad (4)$$

Коэффициент корреляции 0,833, ошибка вычислений – 15%.

Таким образом, первый диапазон отношения D_κ / d_c принят равным 1,5-1,6, а второй – 2,5-3,0. Принимая $D_\kappa / d_c = r_L$ определяются диаметры окружностей расположения шпуров по забою ствола. Отношения $D_{мз} / d_c$ и $D_{вз} / d_c$ являются, по существу, достоверными показателями оценки величин относительных радиусов зоны разрушения (r_p) и зоны неупругих деформаций (r_L). Поскольку отношением r_L / r_p характеризуются границы зон разрушенных пород [1], то можно считать, что аналогично этому отношением $(D_{вз} / d_c) / (D_{мз} / d_c)$ определяются контуры зоны руинного разрушения и связно-нарушенного деформирования породного массива. Это дало основание рекомендовать при отношении $D_\kappa / d_c \leq 1,5$ (ближняя зона) располагать по первой окружности первый ряд неглубоких шпуров ($\ell_{шм}$) для эффективного дробления пород и обеспечения устойчивости сопряжения ствол – передовая скважина. По границе внешней зоны ($D_\kappa / d_c = 2,5-3,0$) рекомендуется располагать первый ряд глубоких шпуров ($\ell_{шв}$), обеспечивающих образование уступной формы забоя ствола.

Сопоставительным анализом данных экспериментальных измерений в скважинах (D_k/d_c) и вычисленных относительных размеров зон неупругих деформаций (r_L) вокруг них показана универсальность аналитического решения упругопластической задачи, учитывающей запредельное деформирование пород, полученное В.В. Виноградовым, для расчета параметров ближней и дальней зон разрушения пород.

Следуя решению В.В. Виноградова [1], для оценки величины r_L при $P = 0$ (неподкрепленный контур передовой скважины) расчет выполнен по следующей аналитической зависимости:

$$r_L = D_k / d_c = \left[P_L + \frac{\sigma_{\text{ост}}}{\gamma H_c} \left/ \frac{\sigma_{\text{н}}}{\gamma H_c} \right. \right]^{\frac{1}{A-1}}, \quad (5)$$

где $P_L = \gamma H_c (1 - \beta) = \frac{2\gamma H_c - R_c}{A-1}$; $\beta = \frac{R_c}{\gamma H_c (A+1)} + \frac{A-1}{A+1}$; $A = 2-4$ — параметр, вытекающий из закона пластического течения.

Наиболее близкие расчетные значения к экспериментальным для внешней зоны $D_{\text{в}}$ получены при параметрах: $A = 2$; $\sigma_{\text{ост}}/\gamma H_c = 0,3-0,4$. Отклонение вычисленных величин от измеренных в скважинах составляет 14-20%.

Таким образом, решение поставленной геомеханической задачи позволяет находить количественное значение функции $U(r_L, K_c, A_{\text{пр}})$ и параметры ближней и внешней зон разрушения вокруг передовой скважины.

Физическим моделированием в лабораторных условиях изучена взаимосвязь между размером среднего куска породы (d_k), пропускаемой по передовой скважине, и ее диаметром (d_c). Соотношение между d_k и d_c характеризуется коэффициентом проходимости $K_{\text{пр}}$. Среднеарифметическое $K_{\text{пр}} = 2,46$ при среднеквадратическом отклонении 0,026. Для практических расчетов диаметра передовой скважины по фактору пропускаемости породы рекомендуется соотношение $d_c \geq 2,5d_k$.

Доказано, что по геомеханическому и горно-технологическому факторам диаметр передовой скважины должен составлять 1,1-1,5 м при соотношении $D/d_c \leq 7$ (D_c — диаметр ствола вчерне), что обеспечивает свободный выпуск разрушенной породы из забоя ствола.

Полученные результаты приняты для проектирования комбинированной технологии проходки глубоких стволов с передовой скважиной на шахтах Донбасса, в том числе и для строящегося ствола на шахте им. А.Ф. Засядько.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов В.В. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок. – К.: Наук. думка, 1989. – 192 с.

УДК 622.26.023.62

В.Я. Кириченко

РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ШАХТАХ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ХОЛДИНГОВОЙ КОМПАНИИ «ПАВЛОГРАДУГОЛЬ»

Розглянуті питання ресурсозбереження при кріпленні гірничих виробок.

Перспективные подходы в изменении существующих тенденций в креплении горных выработок

Ключевой задачей, решение которой должно существенно повлиять на улучшение технико-экономических показателей работы шахт, является совершенствование технологий проведения крепления, охраны и ремонта горных выработок, удельный вес затрат на которые в себестоимости добываемого угля достигает 25-30 %.

В настоящее время на шахтах Западного Донбасса применяются в основном металлические крепи из спецпрофиля СВП-22, СВП-27 типа КШПУ и кольцевые. Несмотря на их техническую прогрессивность, эти крепи сдерживают дальнейшее повышение экономичности и безопасности крепления, так как применяемые для их изготовления спецпрофиль и соединительные элементы не отвечают качественно новым геомеханическим и экономическим условиям.

На наш взгляд, причинами этого являются:

1. Исходный спецпрофиль СВП технически морально устаревший был разработан в 30-х годах. Заметим, что производство профилей типа СВП прекращено в Германии еще в 1958 году в связи с недостаточно высокими его служебными характеристиками;