

КОРОНКИ С ДЕМПФИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ БУРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН В ВЫБРОСОПАСНЫХ КРУТЫХ ПЛАСТАХ

Чальцев М.Н. канд. техн. наук, проф.,

Воробьев Е.А. канд. техн. наук, доц.,

Хныкин Л.М. канд. техн. наук, доц., Васильченко В.Ф. ст. преп.

Автомобильно-дорожный институт Донецкого национального технического университета

Представлены конструкции наборных коронок для бурения технологических скважин в условиях крутых выбросоопасных пластов и их испытания на шахтах ПО «Дзержинскуголь» и АО «Артемуголь». Коронки обеспечивают улучшение прямолинейности бурения скважин на высоту этажа по сравнению с серийными.

Bits constructions for technological wells drilling under steep ejection-risk seam conditions and their testing at the mines of "Dzerzhinskugol" and "Artyomugol" are represented. Bits ensure rectilinearity improvement of wells drilling for floor height in comparison with quantity-produced ones.

Эффективность бурения технологических скважин по крутым угольным пластам во многом зависит от конструкции бурового инструмента. Эксплуатация серийного инструмента позволила выявить его низкие технико-экономические показатели, особенно при бурении скважин по выбросоопасным пластам неоднородной структуры. Исследования дали возможность разработать новые конструкции буровых коронок КБУ с упругоподатливыми секциями [1]. Такие коронки позволяют снизить динамическое действие при разрушении породных прослоек и касании резцами пород кровли или почвы [1,2].

Конструкция исполнительного органа [3-5] представляет собой устройство, состоящее из оправки 3, наборных секций 4,5,6,10 с резцами 1, размещенными в пазах оправки и забурника 2 (рис.1). Каждая секция может поворачиваться относительно оси оправки и снабжена амортизаторами – пружинами 7 и демпфирующими уплотнениями 8 между прокладками 9. В зависимости от назначения скважины, устойчивости её стенок, крепости угля и пород такие исполнительные органы могут быть настроены на требуемый диаметр скважины путем

снятия определенных секций, а также настроены на необходимую податливость упругодемпфирующих элементов.

Исполнительные органы могут применяться в пластах с разнообразной структурой и выбросоопасных. При бурении скважины в неоднородном забое на один из диаметрально установленных резцов секции действуют отклоняющие силы, в результате чего секция разворачивается в сторону твердого включения до тех пор, пока не вступит в контакт со стенками скважины через упор. При этом нагрузки

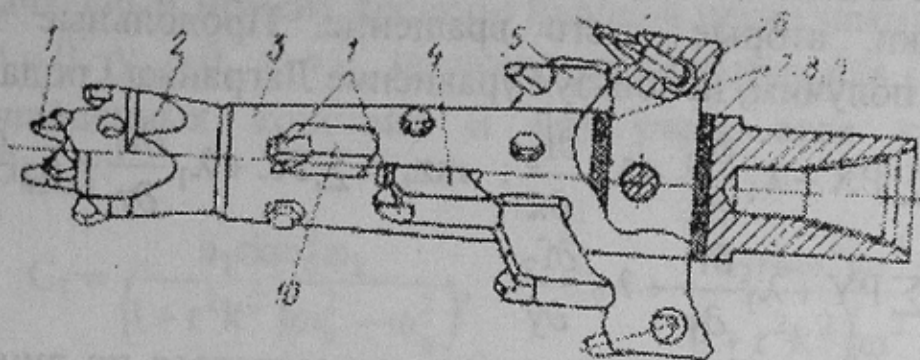


Рисунок 1 – Исполнительный орган для выбросоопасных угольных пластов

на резцах уравниваются и устройство не получает бокового смещения. Освобождение резцов от неравномерной нагрузки возвращает секцию в исходное положение.

Оценка динамической нагруженности такой коронки в сравнении с серийной сводится к сопоставлению траектории перемещения её корпуса относительно стенок скважины без учета сил сопротивления [1].

$$x_t = a_1 \cdot \sin^2 \frac{\omega}{2} t + r \cdot \cos \omega_0 t \quad z_t = a_2 \cdot \sin^2 \frac{\omega}{2} t + r \cdot \sin \omega_0 t, \quad (1)$$

где $a_1 = \frac{2}{3} L \frac{q_1}{\omega^2}$, $a_2 = \frac{2}{3} L \frac{q_2}{\omega^2}$ - для серийной коронки:

$$\frac{q_1}{\omega^2} = \frac{x_F(L + a + 2f \cdot r) - 2Y_F \cdot l_0}{2 \frac{EI'}{L} \left(1 + \frac{2f \cdot r}{L} \right) + 2Y_F(L + a) - 2PH};$$

$$\frac{q_2}{\omega^2} = \frac{z_F(L + a + 2f \cdot r)}{2 \frac{EI'}{L} \left(1 + \frac{2f \cdot r}{L} \right) + 2Y_r(L + a) - 2PH};$$

- для коронок с упругодемпфирующими секциями,

$$\frac{g_1^\circ}{\omega_z^2} = \frac{x_E(L+a+2f \cdot r) - x_N(L-b+2fr) - 2\ell_0(Y_F - Y_N)}{2 \frac{EI'}{L} \left(1 + \frac{2f \cdot r}{L}\right) + 2Y_F(L+a) - 2Y_N(L-b) - 2PH}$$

$$\frac{q_2^\circ}{\omega_2} = \frac{z_F(L+a+2f \cdot r) - z_N(L-b+2fr)}{2 \frac{EI'}{L} \left(1 + \frac{2f \cdot r}{L}\right) + 2Y_F(L+a) - 2Y_N(L-b) - 2PH};$$

Первые слагаемые в (1) определяют поперечные колебания корпуса коронки, вторые - его вращение. Продольные колебания $y = f(x_t, z_t)$ получим, используя уравнение Лагранжа I рода:

$$mx_t = \sum PX + \lambda_1 \frac{\partial f_1}{\partial x} + \lambda_2 \frac{\partial f_2}{\partial x}; \quad mz_t = \sum PZ + \lambda_1 \frac{\partial f_1}{\partial z} + \lambda_2 \frac{\partial f_2}{\partial z};$$

$$my_t = \sum PY + \lambda_1 \frac{\partial f_1}{\partial y} + \lambda_2 \frac{\partial f_2}{\partial y}. \quad (2)$$

и уравнение связей бурового органа, движущегося по винтовой траектории:

$$f_1 = X_t - a_1 \cdot \sin^2 \frac{\omega}{2} t - r \cdot \cos ky = 0$$

$$f_2 = Z_t - a_2 \cdot \sin^2 \frac{\omega}{2} t - r \cdot \cos ky = 0 \quad (3)$$

где $ky = \omega_0 t$; $k = \omega_0/V$ - показатель винта; ω_0 - скорость вращения, c^{-1} ; V - скорость подачи, $m \cdot c^{-1}$.

С учетом частных производных от левых частей уравнения (3)

$$\frac{\partial f_1}{\partial x} = 1, \quad \frac{\partial f_1}{\partial y} = rk \cdot \sin ky, \quad \frac{\partial f_1}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial f_2}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial f_2}{\partial y} = -rk \cdot \cos ky, \quad \frac{\partial f_2}{\partial z} = 1; \quad (4)$$

уравнение (2) имеет вид:

$$m\ddot{x}_t = \sum P_x + \lambda_1 \Rightarrow \lambda_1 = m\ddot{x}_t - \sum P_x;$$

$$m\ddot{z}_t = \sum P_z + \lambda_2 \Rightarrow \lambda_2 = m\ddot{z}_t - \sum P_z; \quad (5)$$

$$m\ddot{y}_t = \sum P_y + \lambda_1 rk \cdot \sin ky - \lambda_2 rk \cdot \cos ky.$$

Значения λ_1 и λ_2 из первых двух выражений подставим в третье, получим:

$$m\ddot{y}_t = \sum P_y + (m\ddot{x}_t - \sum P_x)rk \sin ky - (m\ddot{z}_t - \sum P_z)rk \cos ky. \quad (6)$$

Для интегрирования дифференциального уравнения (6) присоединим к нему уравнение связей (3). Взяв первые и вторые производные от них по времени, получим:

$$\begin{aligned} \ddot{X}_{(t)} &= a_1 \omega^2 \cos \omega t - rk \ddot{y} \sin ky - rk^2 \dot{y}^2 \cos ky; \\ \ddot{Z}_{(t)} &= a_2 \omega^2 \cos \omega t + rk \ddot{y} \cos ky - rk^2 \dot{y}^2 \sin ky. \end{aligned} \quad (7)$$

Подставив значения \ddot{x}_t и \ddot{z}_t в уравнение (6) после преобразования имеем дифференциальное уравнение продольных колебаний:

$$\ddot{y}_t = \frac{rk\omega^2}{(1+r^2k^2)} [a_1 \sin \omega t \cdot \cos \omega_0 t - a_2 \cos \omega t \cdot \sin \omega_0 t] \quad (8)$$

В начальный момент времени буровой орган находили в покое, т.е. при $t=0$, $y_t=0$, $\dot{y}_t=0$, поэтому проинтегрировав (8) дважды с учетом найденных констант и без учета веса коронки, т.к. $G_{кор} \ll G_{става}$:

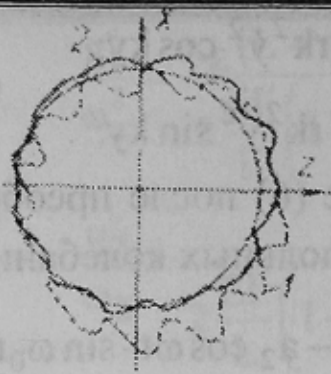
$$C_1 = \frac{a_1 rk \omega_0^2 \omega_k}{(1+r^2k^2)(\omega_k^2 - \omega_0^2)}, \quad C_2 = -\frac{a_2 rk \omega^2 (\omega^2 + \omega_0^2)}{(1+r^2k^2)(\omega^2 - \omega_0^2)^2}$$

получим продольные колебания исполнительного органа:

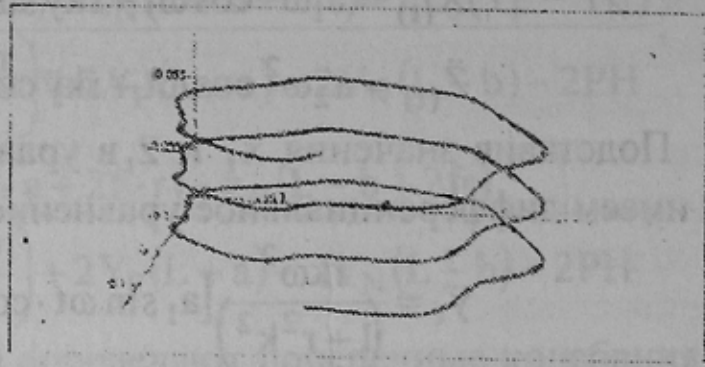
$$y_t = \frac{rk\omega^2}{2(1+r^2k^2)} \left[-\frac{a_1 \sin(\omega + \omega_0)t}{(\omega + \omega_0)^2} - \frac{a_1 \sin(\omega - \omega_0)t}{(\omega - \omega_0)^2} + \frac{2a_1 \omega_0 t}{(\omega^2 - \omega_0^2)} + \frac{a_2 \cos(\omega + \omega_0)t}{(\omega + \omega_0)^2} + \frac{a_2 \cos(\omega - \omega_0)t}{(\omega - \omega_0)^2} - \frac{2a_2 (\omega^2 + \omega_0^2)}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2} \right]$$

Вид траектории (рис.2) при частоте вращения $\omega = 10,5 \text{ с}^{-1}$, нагрузке на буровом стае $P = 40 \text{ кН}$ и диаметре скважины $D = 300 \text{ мм}$ дает представление о степени разбивания стенок скважины при бурении неоднородного массива серийной коронкой (кривая 1) и разработанной (2). При статической обработке результатов исследований установлено снижение амплитуды колебаний корпуса коронки в вертикальной плоскости в 2,63 раза, в горизонтальной в 1,95 раза за счет использования подвижных секций и амортизаторов.

Опытные образцы исполнительных органов со съемными резцами и демпфирующими элементами (рис.3) изготовлены на Новогорловском машзаводе в соответствии с техническим заданием. Основные их технические данные приведены в таблице 1. Промышленные испытания исполнительных органов с упругодемпфирующими элементами проводились в условиях шахт им. Ворошилова и им. Артема объединения «Дзержинскуголь», им. Ленина, им. Изотова и им. Гагарина объединения «Артемуголь».



а)



б)

Рисунок 2 – Траектория движения корпуса коронки в неоднородном забое: а) 1 – серийного; 2 – с демпфирующими элементами; б) траектория движения коронки

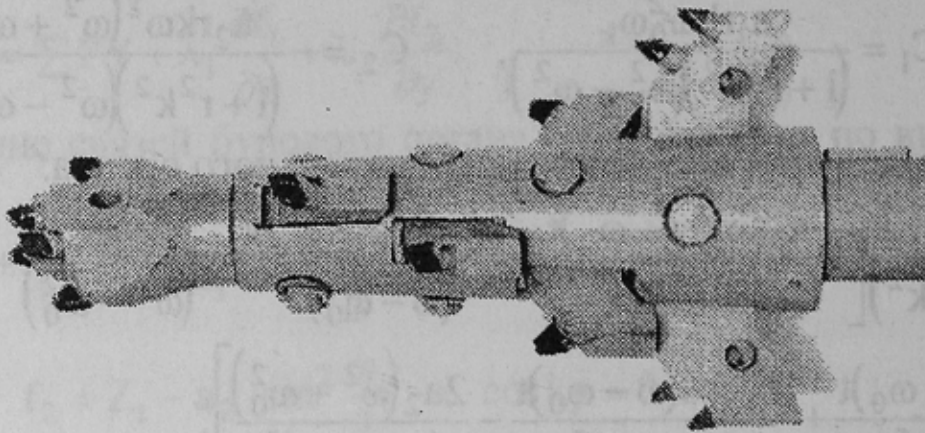


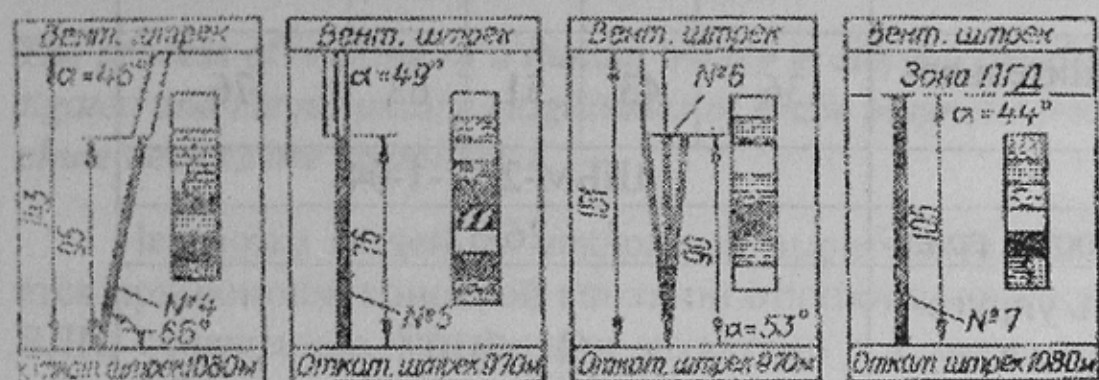
Рисунок 3 – Буровая коронка КБУ

Отклонение скважин, пробуренных по пластам, и горно-геологические условия приведены на схемах расположения скважин (рис.4). Скважины № 1, 2, 3, 7 бурились под рассеченные гезенки. Скважины № 1, 2, 3 пробурены на высоту этажа, отклонения скважины № 1 от проектного направления составило 2 м. При бурении скважины № 2 произошло осыпание угля в верхней части скважины. Отклонение скважины № 3 достигало 4,5 м. Скважины № 4, 5 и 6 бурились в падающий гезенк. Скважина № 6 пробурена с отклонением 2 м. При дальнейшем углублении гезенка произошла его стыковка со скважиной. При визуальном осмотре стенок скважин выявлено, что они не имеют заметных впадин, выступов или высыпаний угля. Это свидетельствует о снижении динамических ударов коронки о стенки скважин. При бурении скважины № 7 на высоте 105 м произошел горный удар, бурение было прекращено.



а

б



в

Рисунок 4 – Схемы расположения скважин:

а – шахта им. Н.Изотова: скважина № 1 (диаметр $d = 300$ мм, длина $l = 142$ м), пласт m_4^2 Новый, участок 77, горизонт 970 м; скважина №2 ($d = 460$ мм, $l = 145$ м), пласт k_2^5 Пята, участок 113-бис, горизонт 970 м;

б – шахта им. Гагарина: скважина № 3 ($d = 300$ мм, $l = 138$ м), пласт l_3 Кулага, участок 85, горизонт 830 м;

в – шахта им. Ленина: скважина № 4 ($d = 300$ мм, $l = 96$ м), пласт k_8 Каменка, участок 95, горизонт 1080 м; скважина № 5 ($d = 300$ мм, $l = 96$ м), пласт l_4^H Девятка, участок 71, горизонт 970 м; скважина № 6 ($d = 250$ мм, $l = 104$ м), пласт m_2 Толстый, участок 42, горизонт 970 м; скважина № 7 ($d = 300$ мм, $l = 105$ м), пласт l_5 Солёный, участок 71, горизонт 1080 м.

Применение исполнительных органов улучшает прямолинейность бурения на высоту этажа за счет снижения прихватов бурового става. Выполнение их разъемными обеспечивает возможность бурения скважин в различных горно-геологических условиях угольных пластов.

Таблица 1- Основные технические данные буровых коронок с демпфирующими элементами

Показатели	Исполнения коронок диаметром, мм				
	170	200	250	300	400
Диаметр скважин, мм	170	200	250	300	400
Длина упора стабилизатора секций, мм	50	55	60	65	70
Угол поворота секции, град.	0-8	0-8	0-6	0-6	0-6
Масса исполнительного органа, кг	36	43	51	63	76
Тип резцов	ШБМ-2с-1-1-04				
Угол конусности, град.	26-32				
Податливость упруго-демпфирующих элементов, мм/Н	$(1...7)10^{-2}$				

Список источников.

1. Москалев А.Н., Хныкин Л.М., Шмаков Б.М. О буровых коронках с демпфирующими элементами для бурения скважин в выбросоопасных пластах // Уголь. – 1991. – № 2. – с. 37-38.
2. Хныкин Л.М. Расчет основных параметров буровых коронок с демпфирующими элементами // Изв. вузов. Горн. журн. – 1985. – № 3. – с. 43-48.
3. А. с. 763572 СССР, МКИ³ Е 21 С 10/00. Устройство для бурения скважин.
4. А. с. 958653 СССР, МКИ³ Е 21 В 13/60. Устройство для бурения скважин.
5. А. с. 1509505 СССР, МКИ⁴ Е 21 В 10/44. Устройство для бурения скважин.