

Більш того, воно робить безглуздим процес пошуку кореляційних зв'язків цих параметрів з кутами будь-якої природи.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. К: Наукова думка, 1976. – 415 с.
2. Разрушение: В 7 т. / Под ред. Г. Либовиц. - М.: Мир, 1976. – Т. 7: Разрушение неметаллов и композитных материалов. – 640 с.
3. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. - М.: Наука, 1990. – 272 с.
4. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. - М.: Машиностроение, 1968. – 376 с.
5. Ягодкин Г.И., Мохначев М.П., Кунтыш М.Ф. Прочность и деформируемость горных пород в процессе их нагружения. - М.: Наука, 1971. – 148 с.
6. Барон Л.И. Характеристики трения горных пород. – М.: Наука, 1967. – 207 с.
7. Крагельский И.В. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.
8. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел. – М.: Машиностроение, 1968. – 543 с.

УДК 622.233.3

Л.М. Хныкин, Е.А. Воробьев,  
О.А. Гарезина

### ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БУРОВЫХ ОРГАНОВ ДЛЯ ВЫЕМКИ УГЛЯ ВЫБУРИВАНИЕМ В ВЫБРОСОПАСНЫХ ПЛАСТАХ

Приведено один із шляхів удосконалення бурових органів для виймання вугілля вибуруванням у викидонебезпечних пластах. Приведений алгоритм розрахунку статично урівноваженого органу для пластів з неоднорідною структурою вугілля дозволяє спроектувати новий тип бурових органів, що забезпечить зниження динамічного навантаження його і ліквідує провокацію викиду.

### THE WAYS OF PERFECTION OF DRILLING EQUIPMENT FOR MINING EXTRACTION BY DRILLING IN DANGEROUS OUTBURST LAYERS

One of the ways of improvement of drilling equipment for mining extraction by drilling dangerous outburst layers is given. The given algorithm of statically balanced body calculation for layers with non-uniform structure of coal allows to design a new type of drilling equipment which provides reduction of its dynamic loading, liquidating provocation of emission.

Необходимость обеспечения устойчивого движения коронок вдоль заданного направления в выбросоопасных пластах с неоднородной структурой приводит к специальной задаче – изучения процесса разрушения неоднородного забойного массива существующим буровым инструментом и предъявляет ряд требований к его конструкции:

– снижение динамической нагруженности корпуса буровых коронок в забое скважины, автоматическим уравниванием отклоняющих сил на его резах;

– устойчивой пространственной ориентации исполнительного органа вдоль заданного направления за счет использования условия коллинеарности

главного вектора ( $\vec{R}^0$ ) и главного момента ( $\vec{M}^0$ ) системы сил на резцах при бурении неоднородного забоя:

$$\vec{R}^0 \times \vec{M}^0 = 0. \quad (1)$$

Исследуем неравномерность формирования отклоняющих сил на коронке при бурении неоднородного забоя представленном наполовину породами. При таком расположении твердого включения происходит наибольшая осцилляция нагрузок на резцах статически уравновешенной коронки.

Пусть один из резцов секции такой коронки встретился с породным включением, а второй находится в контакте с углем. В соответствии с теорией резания на любой резец со стороны массива перпендикулярно гралям его заточки действуют силы:  $Z$  – сопротивления резанию, кН;  $Y$  – сопротивления внедрению в направлении подачи, кН;  $X$  – бокового отжима, значение которых рассчитываются по методике ГОСТа 12.47.001 (рис. 1).

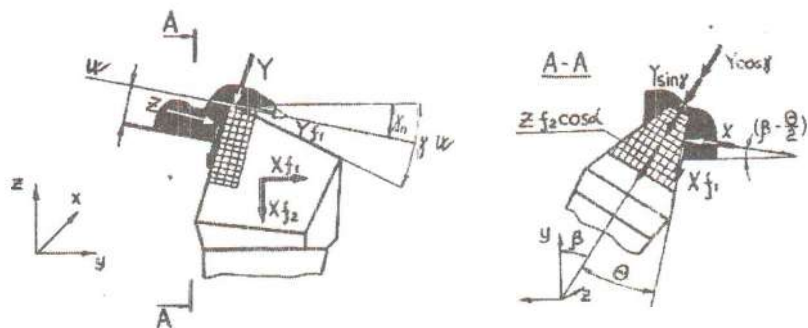


Рис. 1 – Силы, действующие на резец

Приведенным силам соответствуют силы трения  $Zf_2$ ,  $Yf_1$ ,  $Xf_1$  учитывая геометрию заточки резца и его установки на секции, проекции приведенных сил на координатные оси равны:

$$\begin{aligned} \sum OX = F_1 &= X \cos\left(\beta - \frac{\theta}{2}\right) + Xf_1 a' \sin\left(\beta - \frac{\theta}{2}\right) + \\ &+ (Y \cos a + Yf_1 \sin a + Z \sin a) \sin \beta \\ \sum OZ = F_2 &= X \sin\left(\beta - \frac{\theta}{2}\right) + Xf_1 a' \cos\left(\beta - \frac{\theta}{2}\right) + \\ &+ (Y \cos a + Yf_1 \sin a + Z \sin a) \cos \beta - Zf_2 \cos a \\ \sum OY = F_3 &= X \cos a + Yf_1 \cos a + Xf_1 a'' - Zf_2 \sin a - Y \sin a, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\alpha, \theta, \gamma$  – углы заточки режущих кромок реза,  $\beta$  – угол установки реза к оси,  $f_1, f_2 = f_1/2$  – коэффициенты трения задней и передней грани реза о массив,  $a'$  и  $a''$  – коэффициенты сопротивления движению  $a' = 1; a'' = V_n(\omega \cdot R)$ .

После преобразований выражения (2) имеют вид:

$$\begin{aligned} \sum OX &= F_1 = A \cos \beta_i + B \sin \beta_i \\ \sum OZ &= F_2 = A \sin \beta_i B - \cos \beta_i - Z f_2 \cos \alpha \\ \sum OY &= F_3 = Z \cos \alpha + Y f \cos \alpha + X f_1 a'' - Z f_2 \sin \alpha - Y \sin \theta, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $A = X \cos \frac{\theta}{2} - X f_1 a' \sin \frac{\theta}{2}, B = X \sin \frac{\theta}{2} - X f_1 a' \cos \frac{\theta}{2} + Y \cos \theta + Y f_1 \sin \alpha + Z \sin \alpha$ .

В случае контакта резцов секции с «однородным» массивом (рис. 2) на второй резец секции, установленный диаметрально первому и на равном расстоянии от оси вращения действуют силы  $F'_1, F'_2, F'_3$  соответственно равные и параллельные силам на первом резце, т.е.

$$F'_1 = F_1, F'_1 \parallel F_1; F'_2 = F_2, F'_2 \parallel F_2; F'_3 = F_3, F'_3 \parallel F_3. \quad (4)$$

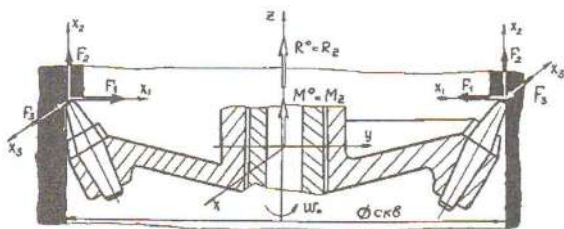


Рис. 2 – Силы, действующие на секцию в однородном массиве

В этом случае:

– главный вектор системы

$$R^0 = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}, \quad (5)$$

где  $R_x = F'_1 - F_1 = 0; R_y = F'_3 - F_3 = 0; R_z = F'_2 + F_2 = 2F'_2$ ;

– главный момент системы сил:

$$M^0 = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}, \quad (6)$$

где  $M_x = (F_1 a - F'_1 a + F_2 r(l) - F'_2 r(l)) \sin \omega t, M_y = (F_1 a - F'_1 a + F_2 r(l) - F'_2 r(l)) \cos \omega t,$

$M_Z = F_3 r(I)$  - проекции главного момента относительно координатных осей  $OXYZ$ ;  $r(I)$  - радиус установленного резца;  $a$  - вылет резца относительно плоскости  $XOY$ .

При этом

$$\vec{R}^0 \times M^0 = \begin{vmatrix} i & j & k \\ R_x & R_y & R_z \\ M_x & M_y & M_z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 0 & 0 & R_1 \\ 0 & 0 & M_1 \end{vmatrix} = 0,$$

т.е. условие коллинеарности на резцах статически уравновешенной секции выполняется.

При бурении «неоднородного» массива, когда один из резцов секции контактирует с твердым включением, а второй - с углем, проекции главного вектора  $R^0(R_x, R_y, R_z)$  на оси  $OX, OY, OZ$  равны (рис. 3):

$$\begin{aligned} R_x &= F_1' - F_1 = F_1 \cdot n - F_1 = F_1 \cdot (n-1) = F_1 \cdot i; \\ R_z &= F_2' - F_2 = F_2 \cdot n - F_2 = F_2 \cdot (n-1) = F_2 \cdot i; \\ R_y &= F_3' - F_3 = F_3 \cdot n - F_3 = F_3 \cdot (n-1) = F_3 \cdot i. \end{aligned} \quad (7)$$

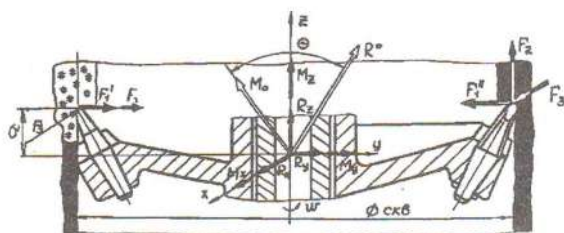


Рис. 3 - Силы, действующие на секцию в неоднородном массиве

В этом случае на секцию действуют три взаимно перпендикулярных силы:

- $R_x$  - бокового отжима (радиальная), действует со стороны твердого включения;
- $R_z$  - продольная внецентренная сила, изгибает став в сторону твердого включения;
- $R_y$  - окружная, способствует намоту бурового инструмента по его вращению.

Эти силы меняют свои значения в течение полуоборота вращения и приводят к поперечным смещениям корпуса коронки.

Главный вектор, главный момент этих сил и их направляющие косинусы отличны от нуля:

$$R^0 = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}, \quad (8)$$



$$\begin{aligned} \cos(X \wedge R^0) &= \frac{R_x}{R^0}; \cos(Y \wedge R^0) = \frac{R_y}{R^0}; \cos(Z \wedge R^0) = \frac{R_z}{R^0}; \\ M^0 &= \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}, \\ \cos(X \wedge M^0) &= \frac{M_x}{M^0}; \cos(Y \wedge M^0) = \frac{M_y}{M^0}; \cos(Z \wedge M^0) = \frac{M_z}{M^0}, \end{aligned} \quad (9)$$

где  $M_x = (F_1 a - F_2 r(l)) \sin \omega t$ ;  $M_y = (F_1 a - F_2 r(l)) \cos \omega t$ ;  $M_z = F_3 r(l)$ .

Угол между направлением главного вектора и главного момента:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \cos(R^0 \wedge M^0) = \cos(X \wedge R^0) \cos(X \wedge M^0) + \cos(Y \wedge R^0) \cos(Y \wedge M^0) + \\ &+ \cos(Z \wedge R^0) \cos(Z \wedge M^0); \theta = \arccos(R^0 \wedge M^0). \end{aligned}$$

Так как статические инварианты  $R^0 \neq 0$ ,  $M^* = M^0 \cos \theta \neq 0$ , то данная система сил приводится к винтовой динаме, где проекция главного момента сил на направление главного вектора равна:

$$M^* = \frac{M_x R_x + M_y R_y + M_z R_z}{R^0}.$$

При этом возникает отклоняющий вектор  $L^* = R^0 M^0 \sin(R^0 \wedge M^0)$ .

Для его компенсации необходимо выполнить конструкцию секции подвижной с упорами-центраторами и упругодемпфирующими элементами, которая обеспечит автоматически уравнивание нагрузок на резцах секции относительно оси  $i$  поворота (рис. 4).

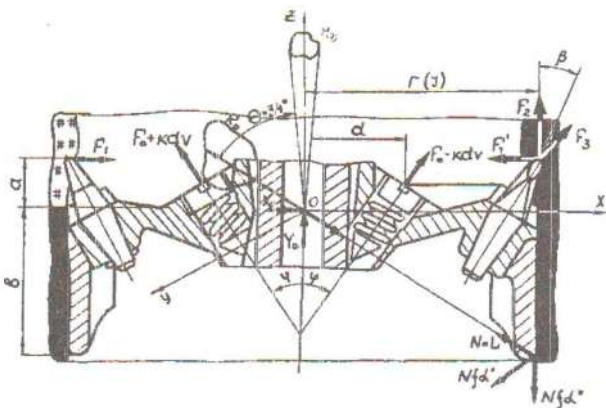


Рис. 4 – Конструкция секций с упорами и упругодемпфирующими элементами

Секция работает следующим образом. Так при встрече одного из резцов ее с твердым включением, секция поворачивается в сторону твердого включения. По достижению контакта секции через упор – центратор со стенкой скважины на секцию со стороны стенок действует реакция упора  $N$ , препятствуя дальнейшему ее повороту, уравновешивая тем самым нагрузки на резцах и упоре секции относительно оси поворота и компенсацию вектора реакций на упоре  $N$ .

В соответствии со схемой нагруженности секции реакцию на упоре найдем из  $\sum m_0 = 0$ :

$$F_1 a - F_2 r(I) + Nb + d(F_Y^0 + k_0 dV) \cos(\beta - V) - d(F_X^0 + k_0 dV) \cos(\beta + V) + Nf_1 a_1 r(I) = 0,$$

откуда:

$$N = \frac{F_2 r(I) - F_1 a - 2k_0 d^2 \cos \beta \sin V}{b + f_1 a_1 r(I)}, \quad (10)$$

где  $k_0$  – жесткость упругодемпфирующих элементов;  $a, b, \beta, r(I), d$  – конструктивные параметры секции;  $V$  – угол поворота секции, рад.

Реакции в шарнире: из  $\sum X = 0, \sum Y = 0$

$$X_0 = N - F_1 - 2k_0 d \sin V + F_2 V - Nf_1 a' V; Y_0 = F_2 - Nf_2 a' - VX_0. \quad (11)$$

Проекция на оси OX, OY, OZ:

$$\begin{aligned} R_x &= (F_1 - N - X_0) \cos \omega t - (N - Nf_2 a'') \sin \omega t \\ R_y &= (F_1 - N - X_0) \sin \omega t - (N - Nf_2 a'') \cos \omega t \\ R_z &= F_2 - Nf_2 a' - Y_0. \end{aligned} \quad (12)$$

При этом главный вектор и главный момент системы сил, действующих на подвижную секцию с упорами равны:

$$\begin{aligned} R^0 &= \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}; \quad M^0 = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}, \\ M_x &= (F_1 a - F_2 r(I) + 2k_0 d^2 V \cos \beta + Nf_1 a' r(I) + Nb) \sin \omega t \\ M_y &= (F_1 a - F_2 r(I) + 2k_0 d^2 V \cos \beta + Nf_1 a' r(I) + Nb) \cos \omega t \\ M_z &= F_3 r + Nf_1 a'' r(I) \end{aligned} \quad (13)$$

$$\text{Угол } \theta \text{ между } R^0 \text{ и } M^0: \theta = \arccos \left( R^0 \wedge M^0 \right) = \frac{R_x M_x + R_y M_y + R_z M_z}{R^0 M^0}.$$

Суммарное изменение отклоняющих возмущений для коронки, состоящей из секций ( $r_1=150\text{мм}$ ,  $r_2=125\text{мм}$ ,  $r_3=100\text{мм}$ ,  $r_4=75\text{мм}$ ), развернутых относительно друг друга на  $30^\circ$  равны:

$$\begin{aligned}
SF_x &= F_{x(30^\circ)} + F_{x(60^\circ)} + F_{x(90^\circ)} + F_{x(120^\circ)}; \\
SF_y &= F_{y(30^\circ)} + F_{y(60^\circ)} + F_{y(90^\circ)} + F_{y(120^\circ)}; \\
SF_z &= F_{z(30^\circ)} + F_{z(60^\circ)} + F_{z(90^\circ)} + F_{z(120^\circ)}; \\
SM_x &= M_{x(30^\circ)} + M_{x(60^\circ)} + M_{x(90^\circ)} + M_{x(120^\circ)}; \\
SM_y &= M_{y(30^\circ)} + M_{y(60^\circ)} + M_{y(90^\circ)} + M_{y(120^\circ)}; \\
SM_z &= M_{z(30^\circ)} + M_{z(60^\circ)} + M_{z(90^\circ)} + M_{z(120^\circ)}.
\end{aligned} \tag{14}$$

Главный вектор  $R^*$ , главный момент  $M^*$  сил, действуют на коронку с подвижными секциями:

$$R^* = \sqrt{SF_x^2 + SF_y^2 + SF_z^2}; \quad M^* = \sqrt{SM_x^2 + SM_y^2 + SM_z^2}. \tag{15}$$

Угол между главным вектором и главным моментом:

$$\theta^* = \arccos(R^* \wedge M^*) = \frac{SF_x SM_x + SF_y SM_y + SF_z SM_z}{R^* M^*}. \tag{16}$$

Вычисление угла  $\theta^*$  для коронок с жестко установленными секциями на оправке и подвижными секциями для неоднородного массива выполнено на ЭВМ (исходные данные:  $a=10^0, \beta=20^0, f_1=0,4, f_2=0,2, a'=1, a''=V_n/\omega, Z=0,513\kappa\text{H}, Y=0,682\kappa\text{H}, X=0,252\kappa\text{H}, V_n=0,0166\text{м}/\text{с}, \omega=10,5\text{с}^{-1}, r_1=0,15\text{м}, r_2=0,1125\text{м}, r_3=0,1\text{м}, r_4=0,075\text{м}, a=0,05\text{м}, b=0,07\text{м}, d=0,05\text{м}, \varphi=30^0, \Delta t=0,05\text{с}$ ).

По результатам вычислений установлено снижение угла между векторами  $R^*$  и  $M^*$  для коронки с подвижными секциями и упорами в 2,3 раза за счет использования подвижных секций с упорами и упругодемпфирующими элементами.

На основании проведенных исследований разработаны [1] экспериментальные коронки с подвижными секциями и упорами-центраторами (рис. 5). Шахтные испытания экспериментальных коронок и серийных с жесткими секциями проведены в условиях пл. К<sub>7</sub> «Кирпичевка» шахты им. Северная ПО «Дзержинскуголь» [2]. При визуальном осмотре стенок скважины выявлено:

- при бурении серийной коронкой с жестко установленными резами, выбоины и срезы стенок скважины глубиной до 3 – 10 мм;
- при бурении экспериментальной коронкой ровная поверхность стенок скважины, что свидетельствует о снижении динамической нагруженности корпуса коронки и более устойчивой ее ориентации вдоль заданного направления.

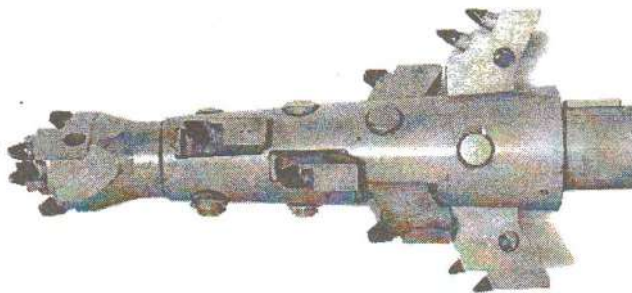


Рис. 5 – Буровая коронка

Оснащение буровых станков такими коронками позволит улучшить направленность бурения скважины на высоту этажа, а в условиях выбороопасных пластов обеспечит снижение провокации микровыбросов в забое скважины, что в конечном счете повысит выход числа годных скважин.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С.958653 (СССР). Устройство для бурения скважин / А.Н. Москалев, И.И. Кулишенко, Б.М. Шмаков и др. (СССР). - № 2607160/22-3; Заявл. 23.11.81; Опубл. 30.06.82, Бюл. №34. - 2 с.

2. Шмаков Б.М., Хныкин Л.М., Баламутенко С.В. Унифицированный инструмент для бурения скважин в выбороопасных пластах. // Уголь Украины. - 1985. - №3. - С. 31-32.

УДК 622.831.325

В.Б. Демченко

### ТЕХНОЛОГИЯ КАПТАЖА ШАХТНОГО МЕТАНА С ЭЖЕКЦИОННОЙ ДЕКОМПРЕССИЕЙ СКВАЖИН

Наведено технологію, а також теоретичне обґрунтування параметрів і економічні розрахунки використання технології каптажу метану за допомогою ежекторів, розташованих в дегазаційних свердловинах.

### TECHNOLOGY OF MINE METHANE KAPPING WITH EJEKSHION DECOMPRASHION OF HOLES

The technology, and also theoretical substantiation of parameters and economic accounts of use of kapping methane technology with the help of ejetors, placed in degassing holes is given.

Большинство угольных шахт Донбасса являются газовыми, причём газообильность некоторых из них превышает 100 м<sup>3</sup>/т. С увеличением глубины разработки наблюдается повышение газообильности угольных шахт, усложнение условий их проветривания, вызывающие вынужденные простои лав по газовому фактору, снижение нагрузок на очистные забои и безопасности угледобычных работ.

Для обеспечения работы выемочных участков, в газовых шахтах применяют дегазацию газоносных пластов и зон скопления метана. В настоящее время наиболее распространенным способом дегазации является каптаж метана подземными скважинами. Типовая схема такой дегазации выемочного участка включает скважины, пробуренные из выработок, и трубопровод, соединяющий скважины с вакуум-насосом, установленным на земной поверхности.