

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ, РАСХОДУЕМОЙ ПРИ ШНЕКОВОМ ВРАЩАТЕЛЬНОМ БУРЕНИИ СКВАЖИН

Инж. Б. А. КАТАНОВ

Кемеровский горный институт

К числу основных сопротивлений, действующих на буровой став, следует отнести сопротивление породы разрушению, трение коронки о породу забоя, сопротивление на штангах от трения их о стенку и извлекаемый штыб.

Рассмотрим процесс разрушения породы на забое коронками.

Коронки, армированные по торцу, внедряются в породу на полную высоту выступающих из корпуса пластинок твердого сплава. При этом разрушение породы в зоне ABC (рис. 1) по характеру близко всетороннему сжатию, т. к. свободному удалению продуктов разрушения препятствует орцевая поверхность коронки, прижимаемой к забою осевым давлением.

Условия разрушения породы пластинками второго ряда (при двухрядной армировке) отличны от условий разрушения пластинками первого ряда, т. к. гребешки, оставшиеся после прохода пластинок первого ряда, разрушаются легко [1].

Пренебрегая сопротивлением породы пластинкам второго ряда, придем суммарное сопротивление породы на пере коронки

$$P_{\Pi} = hdk_{\Pi}\sigma_c \quad (1)$$

где h — глубина внедрения пластинок;

d — диаметр (ширина) пластинки;

k_{Π} — число пластинок первого ряда на пере коронки;

σ_c — критическое напряжение породы (предел прочности породы при внедрении резца).

Для расчетов можно использовать средние значения h , полученные на основании средних скоростей бурения.

Момент от сопротивления породы разрушению на коронке

$$M_{\kappa} = zhd\sigma_c \sum_{i=1}^{k_{\Pi}} r_i \quad (2)$$

где z — число перьев коронки;

r_i — расстояние i -той пластинки от оси вращения (оси коронки).

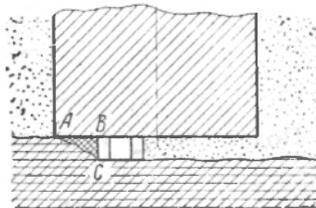


Рис. 1. Схема разрушения породы в зоне ABC

Для коронок с профилем пера, выполненным по дуге окружности радиуса R (рис. 2), часть пластинок располагается симметрично вертикальной пластинке k_B .

Обозначив расстояние от оси до пластинки k_B через r_{k_B} , будем иметь для прочих симметричных пластинок (рис. 2):

$$\left. \begin{aligned} r_{k_B+1} &= r_{k_B} + a_1 \\ r_{k_B-1} &= r_{k_B} - a_1 \\ r_{k_B+2} &= r_{k_B} + a_2 \\ r_{k_B-2} &= r_{k_B} - a_2 \\ &\dots \\ r_{2k_B-1} &= r_{k_B} + a_{k_B-1} \\ r_1 &= r_{k_B} - a_{k_B-1} \end{aligned} \right\}$$

Суммируя обе части равенства (3) и прибавляя к каждой r_{k_B} получим

$$\sum_{i=1}^{2k_B-1} r_i = (2k_B - 1)r_{k_B}.$$

Для несимметричных пластинок можно принять $r_i = \frac{D_K}{2}$; при $r_{k_B} = \frac{D_K}{2}$

$$\sum_{i=1}^{k_B} r_i = \frac{D_K k_B}{2} - R(2k_B - 1).$$

Подставим $\sum_{i=1}^{k_B} r_i$ в равенство (2):

$$M'_K = zhd\sigma_c \left[\frac{D_K k_B}{2} - R(2k_B - 1) \right].$$

Для коронок, армированных по передней грани за максимальную площадь контакта можно принять (рис. 3):

$$F = F' + F'' = h \left(\frac{D_K - a_p}{2} \right),$$

где D_K — диаметр коронки;

a_p — ширина рассечки;

h — глубина внедрения коронки в породу.

В этом случае

$$P_{II} = F \cdot \sigma;$$

где σ — напряжение на передней грани.

Заменив σ через σ_c , получим значение силы P_{II} , большее, чем действительное, т. к. сопротивление породы разрушению σ_B в этом случае меньше σ_c . Коронки данной конструкции применяются преимущественно для бурения слабых пород, и разница значений σ_B и σ_c не велика.

В ряде случаев в качестве необходимого уточнения можно принять соотношение [2]:

$$\sigma h = \sigma_B h^k;$$

где $k = 0,7 \div 0,8$.

Как показали наблюдения, конус породы, выбуриваемый рассечкой, разрушается и не достигает большой высоты, поэтому можно принять $F = F'$.

Так как конструкция коронок этого типа сходна с конструкцией резцовой электросверл или долот типа РХ [3], то плечо приложения равнодействующей можно принять равным

$$M_k = \frac{zh\sigma_c (D_k^3 - d_p^3)}{6(D_k + d_p)} \quad (10)$$

Определение сопротивлений, действующих на коронку. На торце каждой пластинки, армирующей коронку по фронтальной грани, возникает сила трения

$$P_{тр} = f_c N_i, \quad (11)$$

f_c — коэффициент трения твердого сплава о буримую породу;
 N_i — сила нормального давления, приложенная к пластинке.

Для пластинки, расположенной вертикально (параллельно оси коронки).

$$N_i = N_n = F'_m \sigma_c, \quad (12)$$

где F'_m — площадь торца пластинки.

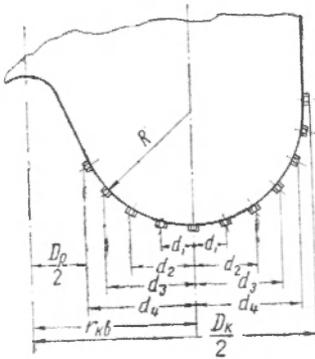


Рис. 2. Расположение пластинок на пере коронки с профилем по дуге окружности

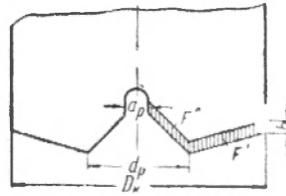


Рис. 3. Площадка контакта пера с породой по передней грани для коронок, армированных по передней грани

Для коронок данной конструкции (рис. 1), с относительно небольшими значениями подачи и небольшими размерами пластинок, можно с достаточной точностью принять кинематический задний угол равным нулю. Точное значение f_c также не всегда известно. Поэтому расчет сил трения будет иметь приблизительный характер.

Тогда момент силы трения, приложенной к этой пластинке, относительно оси коронки:

$$M_{\tau}^{кн} = f_c F'_m \sigma_c r_{кв}, \quad (13)$$

где $r_{кв}$ — расстояние пластинки от оси.

Момент от сил трения, приложенных к пластинкам, расположенным под углом φ_i к оси коронки:

$$M_{\tau}^i = f_c F'_m \sigma_c r_i \cos \varphi_i. \quad (14)$$

Площадь породы, раздавливаемой при внедрении наклонной пластинки (при небольших значениях h), будет малой. При этом соотношение соответствующих площадей можно принять равным $\cos \varphi_i$.

f_1 — коэффициент трения породы о материал коронки.
 Определение сопротивлений на штангах бурового става. К числу сопротивлений на штангах относятся: сопротивление от трения спирали о стенку скважины $M_{трш}$, сопротивления, возникающие при взаимодействии спирали со штыбом, $M_{ш}$.
 Они могут быть определены по формулам [4]:

$$M_{трш} = \frac{1}{2} q f D_{ш} L_6 \cos \beta \cos \omega, \quad (22)$$

q — вес штанг, приходящийся на 1 пог. м скважины;
 f — коэффициент трения материала спирали о стенку скважины;
 L_6 — длина скважины;
 ω — угол подъема спирали на штанге;
 $D_{ш}$ — наружный диаметр штанги;
 β — угол наклона скважины к горизонту.

Величиной $\cos \omega$ учитывается влияние осевой составляющей силы трения, которая возникает при смещении точки касания спирали со стенкой скважины. Равнодействующая силы трения отклоняется на угол $\omega' \approx \omega$, т. к. смещение шнека вследствие подачи незначительно.

Для горизонтальных и близких к ним наклонных скважин, при $\beta \leq 20^\circ$,

$$M_{ш} = \frac{1}{16} \pi \gamma_{ш} \psi L_6 (D_{ш}^2 - D_{тр}^2) (D_{ш} + D_{тр}) \operatorname{tg}(\omega + \varphi) (f' \cos \beta \pm \sin \beta), \quad (23)$$

$\gamma_{ш}$ — объемный вес штыба;
 ψ — коэффициент заполнения кольцевого пространства штанги штыбом;
 $D_{тр}$ — диаметр трубы (вала) шнека;
 f' — коэффициент трения штыба о стенку скважины;
 φ — угол трения штыба о спираль штанги.

Знак + для скважин, наклонных вниз; — для скважин, наклонных вверх. Первая составляющая учитывает сопротивление от трения штыба о стенку при смещении его вдоль скважины, а вторая — сопротивление веса штыба.

Для вертикальных и близких к ним наклонных скважин при $\beta \geq 60^\circ$

$$M_{ш} = \frac{1}{16} \pi \gamma_{ш} \psi L_6 (D_{ш}^2 - D_{тр}^2) \operatorname{tg}(\omega + \varphi) (D_{ш} + D_{тр}) \times \left(1 + \frac{4\pi^2 \operatorname{tg} \varphi' n_{иср}^2 r_{иср} \cos \alpha_{иср}}{g} \right), \quad (24)$$

где $\alpha_{иср}$ — среднее значение угла наклона силы трения частиц к вертикали;

$$r_{иср} = \frac{D_{ш} + D_{тр}}{4} \text{ — среднее расстояние частиц от оси;}$$

$n_{иср}$ — среднее число оборотов частицы вокруг оси шнека [4].

Определение мощности, расходуемой на бурение. Величину суммарного момента от основных сопротивлений определим из формулы

$$M_{\Sigma} = M_{к} + M_{тр} + M_{трш} + M_{ш}, \quad (25)$$



Рис. 4. Схема приложения сил трения к коронке, армированной по передней грани

мощность, расходуемую на бурение, из формулы

$$N_6 = \frac{M_{\Sigma} \cdot n_{\Sigma}}{973,1} \text{ квт};$$

где M_{Σ} — суммарный момент сопротивлений, кгм;

n_{Σ} — число оборотов бурового инструмента, об/мин.

Результаты теоретического определения расходуемой на бурение мощности для конкретных случаев бурения по углю (коронка армирования по передней грани) и по породе (коронка армирования по торцу с профилем по дуге окружности) приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Величина сопротивлений на буровом инструменте и мощность, затрачиваемая на бурение по углю станком БС 110/25

h , мм	t_6 , сек.	M_K , кгм	M_{TP} , кгм	$M_{ш+M_{трш}}$, кгм	M_{Σ} , кгм	N_6 , квт	N_p , квт	N_x , квт
5,9	45	7,1	12,8	0,04	19,9	4,5	5,7	4,1
6,65	40	8,0	14,2	0,1	22,3	5,0	6,0	4,4
5,3	50	6,3	15,7	0,36	22,4	5,0	6,2	4,5
5,3	50	6,3	17,2	0,52	24,0	5,4	6,6	4,9
4,84	55	5,8	18,8	0,73	25,3	5,7	6,9	5,1
4,58	58	5,5	20,2	0,95	26,6	6,0	7,2	5,4
2,83	95	3,4	21,8	1,19	26,4	5,96	7,1	5,3
3,48	55	4,2	23,2	1,45	28,8	6,5	7,7	5,7
4,44	60	5,3	24,8	1,71	31,8	7,2	8,4	6,1
5,65	47	6,8	26,3	2,0	35,1	7,95	9,1	6,6
6,04	44	7,2	27,8	2,3	37,3	8,4	9,6	7,0
5,3	50	6,3	29,6	2,6	38,5	8,7	9,9	7,3
3,13	85	3,7	31,0	2,9	37,6	8,5	9,7	7,1
4,44	60	5,3	32,5	3,2	41,0	9,2	10,4	7,6
3,8	70	4,5	34,0	3,6	42,1	9,5	10,7	7,8

Примечание. Использована коронка КМЗ для станка БС 110/25 $D_K = 113$ мм. Режим бурения: $P_{вр} = 300$ кг; $n_B = 220$ об/мин; $\beta = 70^\circ$. Характеристика породы: уголь бурый с прожилками породы ($\sigma_{сж} = 45$ кг/см²). Мощность холостого хода $N_{х.х} = 1,0$ квт; $k_n = 1,2$.

Таблица 2

Величина сопротивлений на буровом инструменте и мощность, затрачиваемая на бурение по породе станком СВБ-2

h , мм	t_6 , сек.	n_B , об/мин.	M_K , кгм	M_{TP} , кгм	$M_{ш+M_{трш}}$, кгм	M_{Σ} , кгм	N_6 , квт	N_p , квт	N_x , квт
2,3	195	120	—	—	—	—	—	—	22,0
1,2	225	200	24,0	66,0	2,0	92	18,9	40,5	42,0
1,12	240	200	22,3	64,5	3,1	93	19,1	40,7	49,0
0,98	275	200	19,6	62,0	10,3	94,0	19,3	40,9	41,0
0,785	345	200	15,6	58,4	15,1	89,0	18,3	39,9	46,0
0,58	780	120	11,6	54,5	19,8	86,0	10,6	32,2	42,0
0,55	815	120	11,0	54,0	24,8	90,0	11,2	32,8	31,0
0,94	480	120	18,8	66,0	30,0	114	14,1	35,7	38,0
0,76	590	120	15,2	58,0	35,2	108	13,3	34,9	33,0

Примечание. Коронка ПВБ-150 $D_K = 150$ мм конструкции Гипроуглемаша, армированная по торцу пластинами твердого сплава Г-53, ГОСТ 880—53 [6] ($d = 0,5$ см; $R = 3,5$ см; $k = 16$; $k_B = k_{п.} = 8$). Режим бурения: $P_{вр} = 1200$ кг; $n_B = 120$ и 200 об/мин, $\beta = 90^\circ$. Характеристика породы: песчаник на глиняном цементе, $\sigma_{сж} = 500$ кг/см². Мощность холостого хода $N_{х.х} = 18$ квт; $k_n = 1,2$.

Сравнение экспериментальных и расчетных данных показывает, что близки друг к другу, а предложенная методика приемлема для определения мощности, расходуемой на бурение.

Сравнение полученных результатов (N_p) с экспериментальными данными (N_3) также дано в табл. 1 и 2. При этом

$$N_p = N_6 + k_n N_{x,x}, \quad (27)$$

N_6 — расчетная мощность, расходуемая на бурение, вычисленная по формуле (26);

$N_{x,x}$ — мощность, соответствующая моменту работы станка с отсоединенным буровым инструментом, полученная замером;

k_n — коэффициент, учитывающий разницу потерь в механизме и двигателе при работе на холостом ходу и под нагрузкой.

В табл. 1, 2 приведены значения средней глубины внедрения коронки и t_6 — времени бурения скважины на глубину одной штанги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эпштейн Е. Ф. Износ твердых сплавов при трении по горным породам колонковым разведочном бурении. Гостоптехиздат, 1952.
2. Воздвиженский Б. И., Васильев М. Г. Буровая механика. Госиздат, 1954.
3. Эпштейн Е. Ф. Теория бурения — резания горных пород твердыми сплавами. ГОНТИ, 1939.
4. Катанов Б. А. Основы теории извлечения штыба штангами шнекового при вращательном бурении. Изв. вузов — Горный журнал, № 1, 1958.
5. Катанов Б. А. Самоходный буровой станок БС 110/25, БТИ, Углетехиздат, 1954.
6. Городецкий Д. Е., Зибенгар Л. А. Новое в технологии и организации вскрышных работ на угольных разрезах. Углетехиздат, 1955.

Поступила в редакцию
10 марта 1958 г.

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Горный журнал



СВЕРДЛОВСКИЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

№ 9 *Горный журнал* 1958

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Разработка месторождений полезных ископаемых

А. К. Коврижил, В. Ф. Шахматов. Опыт разработки мощного пласта системой камер по восстанию со штанговой крепью на шахте Зиминка 3-4 Кузнецкого бассейна	3
В. В. Куликов. Критический обзор работ по выпуску сыпучего материала из отверстий	8
Н. Ф. Горбунов. Вскрытие и подготовка горизонтов при разработке свиты крутопадающих пластов угля открытым способом в Кузнецком бассейне . .	13
В. С. Сидорова. Траншейное вскрытие крутопадающих рудных и асбестовых месторождений с применением железнодорожного транспорта	22

Шахтное строительство. Проведение и крепление горных выработок

А. С. Щукин. Сравнительная техническая эффективность различных конструкций крепи горизонтальных выработок	28
---	----

Маркшейдерское дело

Н. Т. Калужный. О местоположении стволов при вскрытии синклиналиных складок	38
А. А. Маслов. Изучение трещиноватости и макроструктуры горного массива в Кизеловском бассейне	43
Ж. С. Ержанов, Л. Я. Парчевский. Ползучесть горных пород Донбасса при изгибе	51

Экономика и организация горной промышленности

Л. М. Божко. Анализ результатов применения новой системы организации и оплаты труда в Донбассе	58
Н. И. Николаев. О порядке начисления общешахтных расходов в шахтном строительстве	66

Проветривание шахт и рудников. Техника безопасности

В. Г. Шорин. Вопросы безопасности при применении дизель-самосвалов в подземных условиях	72
С. К. Савецкс. Определение скорости и расхода воздуха в каналах малого сечения путем замера перепада давления	77
Н. И. Голузин. Эффективность борьбы с угольной пылью орошением водой и растворами смачивателей на шахтах Челябинского бассейна	83

Буровзрывное дело

И. В. Смирнова, М. М. Станиславский. Образование 1920 м канала взрывами на выброс	89
---	----

Горное машиностроение. Горные машины

Ю. Н. Попов, А. А. Тяхт. Новый метод расчета крутящего момента бурильных молотков	97
Б. А. Катанов. Определение мощности, расходуемой при шнековом вращательном бурении скважин	101

Электрификация и автоматизация горных работ

- В. А. Денисов. Современный экскаваторный прибор и пути его усовершенствования
- Л. И. Толпежников. Исследование вопроса о возможности перевода асинхронного двигателя в режим динамического торможения без отключения от силовой цепи переменного тока

Хроника и научная информация

- Защита докторской диссертации
- Конгресс по шахтному строительству

Редакционная коллегия: доц. В. М. Арашкевич, доц. П. В. Ваганов, проф. А. И. Веселов, доц. Г. И. Вилесов, проф. С. А. Волотковский, доц. Л. И. Жуков, проф. П. И. Кокорин, проф. В. С. Мучник, проф. И. А. Недолуженко, канд. техн. наук Ю. С. Петров (зам. ответственного редактора), проф. Н. С. Поляков, доц. Е. Ф. Ратников, проф. А. В. Топчиев, проф. С. А. Федоров, доц. В. С. Хохряков.

Ответственный редактор доктор технических наук проф. С. А. Волотковский.

Ответственный за выпуск редактор Д. В. Заводовская
Технический редактор Н. И. Коваленко
Корректор Е. С. Терехова

Адрес редакции: г. Свердловск, ул. Куйбышева, 30,
Свердловский горный институт им. В. В. Вахрушева

Сдано в набор 12/IX 1958 г.	Бум. л. 3,875	Подписано к печати 12/II 1959 г.
Формат бумаги 70×108 ¹ / ₁₆	Тираж 2000	Печ. л. 10,61 Уч.-изд. л. 11,1
НС13319		Цена 10 руб. Заказ 12

Свердловская типография Металлургиздата, г. Свердловск, Дом промышленности