Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XXI, вып. 2, 1976 г.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ НА РЕЗЦОВУЮ КОРОНКУ

Ю.Е.БУДЮКОВ, И.Е.СЛЮСАРЬ

Если резцовая буровая коронка имеет z резцов на рабочем торце, то осевая нагрузка на коронку

$$P = z P_0 , \qquad (I)$$

где P_0 – нагрузка, приходящаяся на один резец, кгс.

Для определения рациональной нагрузки на резец рассмотрим процесс внедрения в горную породу одностороннего резца, заточенного под углом α. Нагрузка P_0, приложенная к резцу, будет действовать на породу перпендикулярно к задней грани резца (P_1) и вдоль этой грани (P_2). Резец будет перемещаться одновременно вертикально и по наклонной плоскости $A-A$ располагающейся под некоторым углом ψ (рис.I).

При перемещении резца вниз возникают сила N_1, действующая нормально на заднюю грань резца, и сила N_2, нормальная к передней грани резца. Помимо этого, имеет место сопротивление сил трения P_{T1} и P_{T2} возникающих соответственно на задней и передней гранях лезвия:

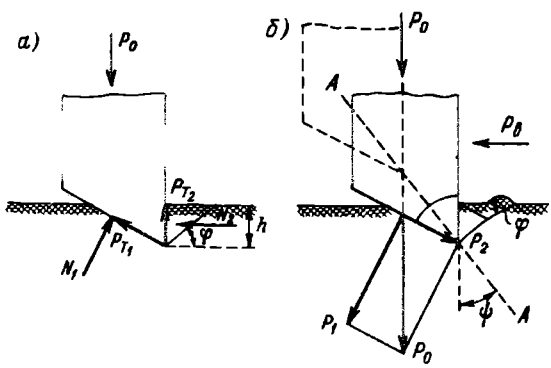


Рис.1. Кинематическая схема работы резца: а – внедрение резца; б – вращение

$$P_{T1} = tg\varphi\, N_1 \qquad (2)$$

(где $tg\varphi = f$ – коэффициент трения резца о породу);

$$P_{T2} = tg\varphi\, N_2 . \qquad (3)$$

Резец внедрится в породу в том случае, если нагрузка P_0 превысит все силы, оказывающие сопротивление внедрению [I, 3].

Проектируя на горизонтальную плоскость все силы, действующие на резец, получим

$$N_2 - N_1 \cos(\alpha - \psi) + P_{T1} \sin(\alpha - \psi) = 0 \qquad (4)$$

В связи с малой глубиной внедрения резца по сравнению с радиусом коронки угол ψ будет весьма незначителен и для упрощения расчетов примем его равным нулю. Тогда, заменив силу трения P_{T1} выражением (2), получим

$$N_2 - N_1 \cos\alpha + N_1 tg\,\varphi \sin\alpha = 0 \quad , \qquad (5)$$

откуда

$$N_2 - N_1 \left(\cos\alpha + \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} \sin\alpha \right) = N_2 - N_1 \left(\frac{\cos\alpha \cos\varphi + \sin\varphi \sin\alpha}{\cos\varphi} \right) \qquad (6)$$

После преобразования и упрощения имеем

$$N_2 = N_1 \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\cos\varphi} \qquad (7)$$

Проектируя силы на вертикальную плоскость, получим

$$P_0 - P_{T1} \cos\alpha - P_{T2} - N_1 \sin\alpha = 0 \qquad (8)$$

Подставим вместо P_{T1} и P_{T2} их значения из выражений (2) и (3):

$$P_0 - N_1 tg\,\varphi \cos\alpha - N_2 tg\,\varphi - N_1 \sin\alpha = 0 \qquad (9)$$

Откуда

$$P_0 = N_2 tg\,\varphi + N_1 tg\,\varphi \cos\alpha + N_1 \sin\alpha \, , \qquad (10)$$

или

$$P_0 = N_2 \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} + N_1 \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos\varphi} \qquad (11)$$

Подставим в выражение (II) значение N_2 из формулы (7):

$$P_0 = N_1 \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\cos\varphi} \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} + N_1 \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos\varphi} \qquad (12)$$

Отсюда

$$P_0 = N_1 \frac{\sin(\alpha + 2\varphi)}{\cos^2\varphi} \qquad (13)$$

Обозначим $\frac{\sin(\alpha + 2\varphi)}{\cos^2\varphi}$ через γ . Тогда

$$P_0 = N_1 \gamma \qquad (14)$$

$$N_1 = \frac{P_0}{\gamma} \qquad (15)$$

Если твердость породы при внедрении в нее резца имеет значение $P_ш$, то

$$N_1 = P_ш S_0 , \qquad (16)$$

где S_0 – площадь породы, раздавливаемой одним резцом.

При внедрении в породу незатупленного одностороннего резца (рис.1, а) с углом заточки α на глубину h

$$S_0 = h b \, tg\alpha . \qquad (17)$$

При работе резца в фазе объемного разрушения можно принять глубину внедрения резца h равной высоте износившейся части резца $l_к$ [2]. Тогда с учетом формул (16) и (17) выражение (14) будет иметь вид

$$P_0 = \gamma P_ш l_к b tg\alpha \qquad (18)$$

Высота износившейся части резца $l_к$ определяется по формуле С.Н.Тараканова [2]

$$l_к = 2\omega\mu_к P_ш \pi D n t_к , \qquad (19)$$

где $\omega\mu_к$ – объединенный коэффициент трения и износа, мм^2/кг; D – средний диаметр коронки, мм; n – частота вращения коронки, об/мин; $t_к$ – время бурения в фазе объемного разрушения, мин.

Подставим в выражение (18) значение $l_к$ из формулы (19):

$$P_0 = 2\gamma\omega\mu_к P_ш^2 b \, tg\alpha \, \pi D n t_к \qquad (20)$$

Из выражения (20) следует, что чем тверже горная порода, тем большим должно быть усилие на резец. Помимо этого, осевое усилие на резец зависит от ширины лезвия b и угла заточки резца α. Чем меньше ширина резца и острее угол заточки, тем меньшее осевое усилие потребуется для его внедрения в породу.

С учетом выражения (20) запишем формулу (1) для определения рациональной осевой нагрузки на коронку в окончательном виде:

$$P = 2\varkappa\gamma\omega\mu_к P_ш^2 b \, tg\alpha \, \pi D n t_к \qquad (21)$$

С целью проверки формулы (21) в условиях геологоразведочной экспедиции Тырныаузского горнометаллургического комбината стандартными коронками диаметром 59 мм марки СМ2 было пробурено 620,5 м скважин, в том числе по скарнированному мрамору 193,5 м, по лиспариту 201,7 м и по пироксеновому

Параметры режима опытного бурения

Порода	Твердость горной породы по штампу, кг/мм^2	Осевая нагрузка на коронку, кгс	
		расчетная	экспериментальная
Мрамор скарнированный	165	1190	1050
Липарит	282	1460	1250
Пироксеновый скарн	310	1480	1350

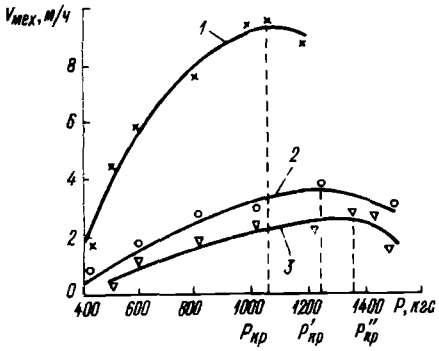


Рис.2. Изменение механической скорости бурения $V_{мех}$ в зависимости от осевой нагрузки P на коронку
1 – по скарнированному мрамору; 2 – по липариту; 3 – по пироксеновому скарну

скарну 225,3 м (число резцов $z = 6$, угол заточки резца $\alpha = 60^0$, ширина лезвия резца $b = 0{,}3 \cdot 10^{-2}$ м, частота вращения снаряда 237 об/мин; объединенный коэффициент $\omega\mu_к$ и время $t_к$ определялись по методике С.Н.Тараканова [2]).

В процессе опытного бурения установлены критические значения осевой нагрузки, при которых механическая скорость принимает максимальные значения (рис.2). Полученные значения осевых нагрузок приняты за рациональные (см. таблицу). Как видно из таблицы, сходимость экспериментальных и расчетных данных определения осевой нагрузки составляет 84-90%, что представляется вполне удовлетворительным для данного класса измерений.

Таким образом в результате проведенных исследований найдена аналитически и проверена экспериментально формула, пригодная для расчетов рациональной осевой нагрузки на резцовую коронку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будюков Ю.Е. Исследование и разработка специальных алмазных коронок для бурения геологоразведочных скважин. Автореф. канд. дисс. Изд. ЛГИ, 1973.

2. Тараканов С.Н. Физические явления при бурении твердых пород и уточнение формулы скорости проходки, предложенной Е.Ф.Эпштейном. Зап. ЛГИ, 1973, т. 66, вып. 1.

3. Шрейнер Л.А. Физические основы механики горных пород. М., Гостоптехиздат, 1950.