Доклады Академии Наук СССР
1953. Том LXXXIX, № 5

МЕХАНИКА

В. М. МОСТКОВ

ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА ГОЛОВКИ БУРА НА СКОРОСТЬ БУРЕНИЯ ШПУРОВ

(Представлено академиком А. И. Некрасовым 17 II 1953)

В вопросе установления зависимости скорости пневматического бурения от диаметра головки бура (диаметра шпура) не достигнуто полной ясности. Существующие формулы не могут считаться исчерпывающими вследствие того, что ими не учитываются такие основные факторы, как характеристика породы, тип бурильной машины, размеры буров, форма головки бура, давление сжатого воздуха и др.

Настоящая работа посвящена выводу универсальной зависимости, учитывающей перечисленные факторы.

В работе автора ([1], гл. III) было показано, что рассмотрение процессов, происходящих в буре после удара поршнем бурильной машины, может быть проведено методом обобщенных характеристик, являющихся решением двух сопряженных уравнений математической физики и представляющих собой прямые и обратные волновые функции.

После установления граничных условий было получено выражение для глубины внедрения бура за один удар поршня ([1], стр. 94):

$$u = \frac{2E\omega_б v_0}{\omega_0 k_в \bar{a}} e^{-G_б/2G_п} \left(1 - e^{-k_в \omega_0 l/2E\omega_б}\right); \tag{1}$$

здесь u — глубина внедрения бура за один удар поршня; E — модуль упругости материала бура; $\omega_б$ — площадь поперечного сечения бура; v_0 — скорость поршня в момент удара; ω_0 — эффективная площадь головки бура; $k_в$ — коэффициент внедрения; $\bar{a}$ — скорость распространения упругих волн в буре; $G_б$ — вес бура; $G_п$ — вес поршня; l — длина бура. Формула (1) является отправной для решения поставленной в настоящей статье задачи. Отметим, что в этой формуле не учитываются потери полезной работы на скалывание породы в забое шпура.

Из общепринятой формулы Н. С. Успенского ([2], стр. 293) для бура с долотчатой формой головки можно получить:

$$\omega_0 k_в = 2D\sigma_z \left(\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} + f_0\right), \tag{2}$$

где D — диаметр головки бура; σ_z — критическое напряжение породы в условиях забоя шпура; α — угол приострения лезвия головки бура; f_0 — коэффициент трения лезвия бура о породу.

Кроме раздробления породы происходит ее скалывание под действием горизонтальной составляющей силы взаимодействия бура и породы P, и часть работы внедрения будет теряться на скалывание. Полезная работа удара при первофазном внедрении $A_п \approx A_в - A_с$; здесь $A_в = Pu$ — работа внедрения. Работа скалывания может быть записана в виде $A_с = H\gamma D$, где $H = \frac{P}{2}\operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)$ есть горизонтальная составляющая силы P, $\varphi = \operatorname{arc\,tg} f_0$, а γ — относительный сдвиг породы, равный отношению временного сопротивления породы скалыванию к модулю сдвига породы.

В свою очередь, полезная работа удара $A_п = P\tau$, где τ — действительная глубина внедрения за один удар. Таким образом:

$$P\tau = Pu - \frac{P}{2}\operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)\gamma D. \tag{3}$$

Подставляя в формулу (3) формулы (1) и (2) и полагая, что отношение скорости бурения $w_б$ при любом диаметре головки бура D к скорости бурения $w_{б_0}$ при стандартном диаметре D_0 равно отношению глубины внедрения за один удар τ при диаметре D к глубине внедрения за один удар τ_0 при диаметре D_0, в результате некоторых преобразований получаем формулу в безразмерных показателях:

$$y = \frac{A}{x}\left(1 - e^{-\alpha_1 x} - \alpha_2 x^2\right); \tag{4}$$

здесь $y = w_б / w_{б_0}$ — относительная скорость бурения; $x = D/D_0$ — относительный диаметр головки бура; $A = \dfrac{1}{1 - e^{-\alpha_1} - \alpha_2}$;

$$\alpha_1 = \frac{D_0 \sigma_z l \left(\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} + f_0\right)}{E\omega_б}, \quad \alpha_2 = \frac{D_0^2 \sigma_z \gamma \bar{a} e^{G_б/2G_п}}{2E\omega_б v_0}\left(1 - f_0 \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right). \tag{5}$$

Ввиду того что интервал изменения x не является большим $(0{,}8 \leqslant x \leqslant 1{,}9)$, при данном α_1 экспоненциальная зависимость $e^{-\alpha_1 x}$ выражается почти прямой линией, и без особой погрешности запишем:

$$\frac{A}{x} e^{-\alpha_1 x} \approx \frac{A}{x} e^{-\alpha_1 x_0}\left[1 - \alpha_1 (x - x_0)\right], \tag{6}$$

где x_0 принимаем равным 1,3, т. е. почти среднему значению интервала изменения x (полагая D_0, например, равным 4 см).

С учетом (6) придадим уравнению (4) окончательный вид:

$$y = \frac{a}{x} - bx + c, \tag{7}$$

где $a = AA_1$, $b = A\alpha_2$, $c = AA_2$, $A_1 = 1 - e^{-1{,}3\alpha_1}(1 + 1{,}3\alpha_1)$, $A_2 = \alpha_1 e^{-1{,}3\alpha_1}$, причем $a - b + c \to 1$. В зависимости от α_1 и α_2 составлены таблицы определения безразмерных величин a, b и c.

В результате проведенных по формуле (7) расчетов установлено:

а) для определенного типа бурильной машины изменение скорости бурения в зависимости от диаметра шпура проявляется тем резче, чем крепче породы и тяжелее буры; для определенных крепости породы и веса бура изменение скорости бурения происходит тем интенсивнее, чем менее мощные молотки используются;

б) для крестовой формы головки бура коэффициент α_1, найденный по формуле (5), следует умножить на 2, а α_2 (найденный по той же формуле) — на 4. Изменение скорости бурения при головке крестовой формы происходит интенсивнее, чем при головке долотчатой формы.

Предлагаемая зависимость (7) изменения скорости бурения от диаметра шпура подтверждается большим числом наблюдений (более 200), проведенных рядом исследователей в различных условиях.

Поступило
19 I 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. М. Мостков, Основы теории пневматического бурения, 1952. [2] В. К. Бучнев, Буро-взрывные работы, 1950.