

УДК 622.24.05

Л.И. Кантович, Р.Ю. Подэрни, Р.О. Муминов

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВРАЩАТЕЛЬНО- ПОДАЮЩЕГО МЕХАНИЗМА БУРОВОГО СТАНКА НА ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

*Выполнен анализ влияния конструктивных, кинематических и силовых параметров вращательно – подающего механизма бурового станка на его производительность.*

*Ключевые слова: буровой станок, вращательно – подающий механизм, энергоёмкость бурения, производительность.*

Семинар № 22

**В** технической литературе имеются многочисленные сведения о результатах теоретических исследований [1] и опытно – промышленных работах [2, 3] по оценке производительности буровых станков. Однако, предлагаемые методы расчета производительности как правило, не позволяют получить результат, адекватный промышленным данным.

Эффективность работы карьерного бурового станка зависит от многих взаимосвязанных между собой факторов. Считается что карьерный буровой станок, при обурировании породного массива в общем случае имеет **скорость внедрения долота в породу** -  $V$  (теоретическую производительность) [1, 5] равную

$$V = \frac{\pi Z^2 \cdot 10^{-2} P_{oc} K_{ck} n_{ep}}{D \sigma (\operatorname{tg} \alpha / 2 + \mu_1) K_3} \text{ м/с} \quad (1)$$

где  $Z$  – число шарошек долота, ед;  $P_{oc}$  – осевое усилие подачи долота, Н;  $K_{ck}$  – коэффициент, учитывающий уменьшение скорости бурения за счет неполного скоса породы между зубьями ( $K_{ck} = 0,5 \div 0,3$  – большая величина для более мягких пород);  $n_{ep}$  – частота вращения долота, об/мин;  $D$  – диаметр долота, м;  $\sigma$  – предел прочности буримой породы, Н/м<sup>2</sup>;  $\alpha$  – угол заострения зуба шарошки, град;  $\mu_1$  – коэффициент трения метала шарошки о породу ( $\mu_1 = 0,25 \div 1,0$ );  $K_3$  – коэффициент затупления зуба шарошки ( $K_3 = 1 \div 1,3$  – большее значение для пород более высокой крепости и абразивности).

Естественно, что выражение (1) хотя и учитывает, некоторые конструктивные ( $Z, D, \alpha$ ) и косвенно технологические ( $K_{ck}, K_3$ ) и энергетические параметры ( $n_{ep}, \sigma, \mu_1$ ) процесса бурения практически не позволяет установить величину производительности при различных значениях, например, установленной мощности вращательно – подающего механизма (ВПМ), глубины скважины, а также от качества ее очистки от буровой мелочи.

Для установления влияния параметров вращательно – подающего механизма бурового станка на его производительность составим баланс мощности подведенной к ВПМ для осуществления процесса бурения.

$$Q_{\sigma} H_w = N_{ep} + N_n + N_k \quad (2)$$

где  $Q_{\sigma} = \pi D^2 V / 4$  – объемная производительность бурового станка, м<sup>3</sup>/сек;  
 $H_w$  – энергоемкость процесса бурения, Нм/м<sup>3</sup>;  $N_{ep} = M_{kp} \omega$  – мощность вращателя станка, Вт;  $N_n = P_{oc} V$  – мощность подача станка, Вт;

$$N_k = k_p \frac{\pi \rho g D^2 l V}{32 \eta_n \eta_k \cos \alpha_1} \text{ – мощность привода компрессора [4], Вт.}$$

Здесь,  $M_{kp}$  – момент вращения долота, Нм;  $\omega$  – угловая скорость вращения долота, рад/с;  $k_p$  – коэффициент разрыхления буримой породы,  $k_p = 1,45 \div 1,65$  [4];  $\rho$  – плотность буримой породы, кг/м<sup>3</sup>;  $l$  – глубина скважина, м;  $\eta_n, \eta_k$  – КПД передачи и компрессора соответственно,  $\eta_n = 0,92 \div 0,95$ ,  $\eta_k = 0,6 \div 0,7$  [4];  $\alpha_1$  – угол наклона взрывной скважины к вертикали, град.

Таким образом, уравнение баланса мощности подведенной к ВПМ для осуществления процесса бурения с учетом эффекта конверсии принимает вид:

$$Q_{\sigma} H_w = k_{\sigma n} (k_{\sigma ep} M_{kp} \omega + P_{oc} V) + k_p \frac{\pi \rho g D^2 l V}{32 \eta_n \eta_k \cos \alpha_1} \quad (3)$$

где  $k_{\sigma ep}, k_{\sigma n}$  – коэффициент динамичности нагрузки вращателя и системы подачи бурового станка, соответственно.

Далее, в соответствии с результатами полученными в [5] момент вращения долота составляет:

$$M_{kp} = 2,84 \cdot 10^{-3} k_1 D (0,22 P_{oc})^n, \text{ Нм} \quad (4)$$

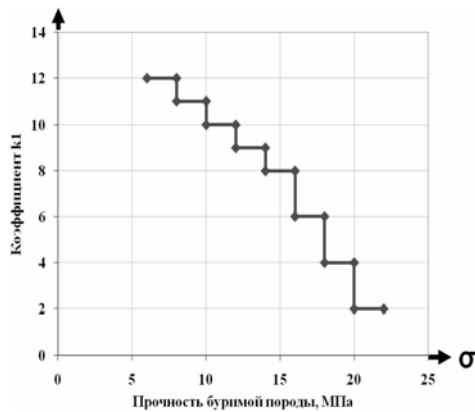
здесь  $k_1$  – коэффициент, зависящий от прочности –  $\sigma$  буримой породы;  $n$  – показатель степени, зависящий от качества очистки скважины (при очень хорошей продувке –  $n = 1,25$ ; при удовлетворительной –  $n = 1,5$ ; при плохой продувке –  $n = 1,75$ )

Зависимость коэффициента –  $k_1$  от прочности буримой породы по данным работы [4] приведена ниже на рис. 1.

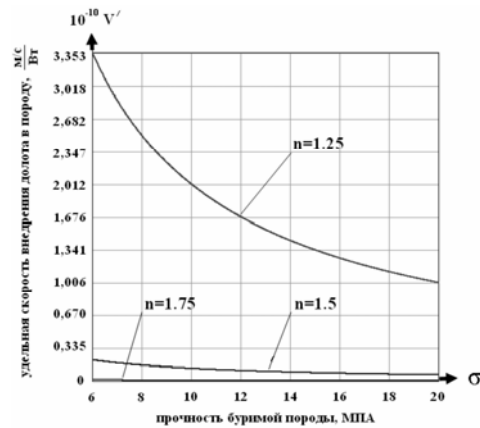
Уравнение (3) с учетом результата (4) после деления его правой и левой частей на объемную производительность бурового станка, –  $Q_{\sigma}$  после соответствующих алгебраических преобразование принимает вид:

$$H_w = \sigma k_{\sigma n} \left[ \frac{45,44 Z k_{\sigma ep} k_1 K_3 0,22^n P_{oc}^{n-1} \times}{\times (\operatorname{tg} \alpha / 2 + \mu_1) + 1} \right] + k_p \frac{\rho g}{8 \eta_n \eta_k \cos \alpha_1} l, \text{ Нм/м}^3 \quad (5)$$

Скорость внедрения долота в породу –  $V$  с учетом уравнений (2) и (5) составит:



**Рис. 1. Зависимость коэффициента  $k_1$  от прочности буримой породы  $\sigma$**



**Рис. 2. Зависимость удельной теоретической скорости внедрения долота в породу от ее прочности при различных значениях показателей качества очистки скважины - n**

$$V = \frac{4(N'_{ep} + N'_n + N'_k)}{\pi D^2 \left\{ \sigma k_{on} \left[ 45.44 Z k_{dep} k_1 K_3 0.22^n P_{oc}^{n-1} (\operatorname{tg} \alpha / 2 + \mu_1) + 1 \right] + k_p \frac{\rho g}{8 \eta_n \eta_k \cos \alpha_1} l \right\}}, \text{ м/с} \quad (6)$$

В формуле (6)  $N'_{ep}, N'_n, N'_k$  – установленная мощность вращателя, системы подачи долота и компрессора, соответственно, Вт.

Далее поделив уравнение (6) на сумму установленных мощностей –  $N'_{ep}, N'_n, N'_k$  приводов механизмов бурового станка осуществляющих процесс бурения получим удельную теоретическую скорость внедрения долота в породу:

$$V' = \frac{4}{\pi D^2 \left\{ \sigma k_{on} \left[ 45.44 Z k_{dep} k_1 K_3 0.22^n P_{oc}^{n-1} (\operatorname{tg} \alpha / 2 + \mu_1) + 1 \right] + k_p \frac{\rho g}{8 \eta_n \eta_k \cos \alpha_1} l \right\}}, \frac{\text{м/с}}{\text{Вт}} \quad (7)$$

Графическая интерпретация зависимости удельной теоретической скорости внедрения долота в породу при бурении вертикальной скважины (уравнение (7) при  $k_{on} = k_{dep} = 1,0$ ,  $\alpha_1 = \pi/2$ ) от прочности буримой породы приведена на рис. 2.

Анализ результатов приведенных на рис. 2 свидетельствует что:

- величина удельной скорости –  $V'$  внедрения долота в породу при показателе качества очистки скважины равном  $n = 1,25$  существенно зависит от прочности –  $\sigma$  буримой породы и нелинейно уменьшается с ее увеличением;

- удельная скорость –  $V'$  внедрения долота в породу при показателях качества очистки скважины равных  $n = 1,5, \dots, 1,75$  практически не зависит от прочности;

- $\sigma$  буримой породы.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутузов Б.Н. Теория техника и технология буровых работ. – М.: Недра, 1978. 312с.
2. Кантович Л.И. Надежность и производительность шарошечных буровых станков. – В кн.: Рудник будущего: Тез. докл. Всесоюз. конф. М., 1979, с. 66.
3. Кантович Л.И., Наумкин В.М., Дмитриев В.Н., Якубов К.О. Исследование нагрузки в двигателях вращательно – подающего механизма станков шарошечного бурения. – Добыча угля открытым способом, 1973 № 11, с. 17–19.
4. Перетолчин В.А. Вращательное и шарошечное бурение скважин на карьерах. – М.: Недра, 1983, 175 с.
5. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров: Учебник для вузов. – 6 – е изд., перераб. И доп. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2007. – 680 с. : ил. (Горное машиностроение). **ГИАБ**

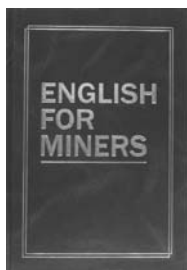
### Коротко об авторах

Кантович Л.И. – доктор технических наук, профессор,  
Подэрни Р.Ю. – доктор технических наук, профессор, действительный член РАЕН,  
Муминов Р.О. – магистр Горного дела, аспирант кафедры ГМО,  
Московский государственный горный университет,  
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru



---

## ЛИДЕРЫ ПРОДАЖ КНИГ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА» ЗА СЕНТЯБРЬ 2010 г.



### **Графова Л.Л., Бабичев В.Т.**

English for miners. Профессионально-ориентированный курс английского языка. – 2010. – 496 с.

*Учебник «English for miners» пока не имеет конкурентов. Это единственное современное издание для горных вузов, техникумов и колледжей. Оно разработано профессионалами с учетом программных требований и новых методик изучения иностранных языков. Спрос на книгу постоянно растет, и покупают ее не только студенты.*



### **Шилин А.А.**

Ремонт железобетонных конструкций. – 2010. – 519.

*Книги, включенные в серию «Стройтехиздат», признаны лучшими изданиями по архитектуре и строительству на V Международном конкурсе «Университетская книга». Все они востребованы читателями. «Ремонт железобетонных конструкций» – четвертая по счету книга в серии, но в сентябре 2010 г. вышла на первое место по продажам.*