

УДК 622.243

И. Я. Ширали

Государственная Нефтяная компания Азербайджанской республики

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОФИЛЯ ПРОМЫВОЧНЫХ НАСАДОК ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

The problem of profile optimization of the nozzles of washing system of rotation drilling rockdestruction tools has been set up and solved. The principle of maximum of pontryajm optimization method has been applied for optimization procedures. According to the investigation results optimum form of inner surface of washing nozzles of bits providing their maximum trydromonetering efficiency and wear stability has been determined.

Одним из возможных путей улучшения технико-экономических показателей проводки скважин (особенно при бурении на больших глубинах) является наиболее рациональное использование гидравлической мощности направленного потока жидкости при бурении. Результаты проведенных в США лабораторных и промышленных исследований различных типов насадок гидромониторных долот, показали, что в насадках имеющих вход с эллиптическими кромками и выход с более острыми кромками, коэффициент расхода достигает максимального значения (0,99), что позволяет дополнительно высвободить часть гидравлической мощности и направить её на повышение скорости проходки при бурении. В этой связи выбор оптимального профиля каналов насадок гидромониторных долот имеет большое значение для повышения их эффективности.

Определение указанных параметров по максимальной ударной силе затопленного потока жидкости обеспечивает минимальную силу сопротивления на пути вылета струи жидкости из насадок. Зная выходной оптимальный диаметр насадок, можно установить рациональный внутренний профиль канала и оптимальный входной диаметр.

Решить указанные задачи с учётом ограничения обычными методами трудно, поскольку при определении начального выходного диаметра насадок неизвестны силы сопротивления. Однако такие задачи эффективно решаются классическим методом оптимального управления.

Таким образом, необходимо найти оптимальную функцию $F = \psi(T)$ при $0 \leq t \leq T$, обеспечивающую равномерное изменение скорости по длине насадки при минимальной потере гидравлической мощности. Для решения этой задачи составляем уравнение движения жидкости в насадке

$$m \frac{dv}{dt} = p(t)F(t), \quad p(t) = \frac{Q^2 \gamma}{2g \omega^2 F^2(t)}, \quad (1)$$

где m – масса жидкости, протекающей внутри насадки; v – скорость потока струи в текущей точке насадки; $F(t)$ – текущая площадь канала насадки; Q – расход циркулирующей жидкости; γ – удельный вес промывочной жидкости; ω – коэффициент расхода.

Согласно условию оптимальности получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= \frac{1}{m} p(t)F(t) = f_1, \\ \frac{dx_0}{dt} &= k_1 x_2^1 + k_2 F^2(t) = f. \end{aligned} \quad (2)$$

Составим уравнения для сопряжённых переменных

$$\frac{d\psi_1}{dt} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_i}{\partial x_i} \psi_i, \quad \psi_0 = -1, \quad \frac{d\psi_1}{dt} = -2k_1 x_1 \psi_0. \quad (3)$$

Далее составим гамильтониан

$$H = \sum_{i=1}^n \psi_i f_i; \quad H = -(k_1 x^2 + k_2 F_{(t)}^2) + \psi_1 \frac{Q^2 \gamma}{2 g m \omega^2} F(t).$$

Выпишем слагаемые, содержащие $F(t)$:

$$H^* = -k_2 F^2(t) + \psi_1 \frac{Q^2 \gamma}{2 g m \omega^2} F(t). \quad (4)$$

Преобразуя (4), получим

$$-k_2 F^2(t) + \psi_1 \frac{Q^2 \gamma}{2 g m \omega^2} \cdot F(t) = -k_2 \left(F_t - \frac{Q^2 \gamma \psi_1}{4 g m \omega^2 k_2} \right)^2 - \frac{Q^4 \gamma^2 \psi_1^2}{16 g^2 m^2 \omega^2 k_1^2}.$$

Подставляя $F(t) = Q^2 \gamma / 4 g m \omega^2 k_2$ в (2), получим

$$\frac{dx_1}{dt} = \frac{1}{2k_2} \left(\frac{Q^2 \gamma}{2 g m \omega^2} \right)^2 \psi_1; \quad \frac{d\psi_1}{dt} = 2k_1 x(t). \quad (5)$$

Решение системы уравнений (5) при условиях

$$\begin{aligned} v(t=0) &= v_0, & F(t=0) &= F_0 \\ v(t=T) &= v_{\text{Вых}}, & F(t=T) &= F_{\text{Вых}}, \end{aligned}$$

представляется в виде

$$\begin{aligned} F(t) &= \frac{F_0 F_{\text{Вых}} \operatorname{sh} BT}{F_{\text{Вых}} \operatorname{sh} Bt \operatorname{ch} Bt + F_0 \operatorname{sh} BT - F_{\text{Вых}} \operatorname{sh} Bt \operatorname{ch} BT}, \\ v(t) &= v_0 (\operatorname{ch} Bt - \operatorname{ch} BT \operatorname{sh} Bt) + \frac{\operatorname{sh} Bt}{\operatorname{sh} BT} v_{\text{Вых}}. \end{aligned} \quad (6)$$

Применяя теорему об изменении количества движения жидкости по длине насадки, имеем

$$\frac{Q \gamma t}{g} (v(t) - v_{\text{Вых}}) = \frac{v^2(t) - v_{\text{Вых}}^2}{2g \omega^2} j \cdot t F(t). \quad (7)$$

Очевидно, что $v(t) = v_{\text{Вых}}, F(t) = F_{\text{Вых}} = F_0$ при $t = 0$.

Решая (7.) относительно F_0 , получим

$$F_0 = (2\omega^2 Q - v_{\text{Вых}} F_{\text{Вых}}) / v_{\text{Вых}}. \quad (8)$$

Учитывая (8) в (6), имеем

$$F(t) = \frac{(2\omega^2 Q - v_{\text{Вых}} F_{\text{Вых}}) F_{\text{Вых}} \operatorname{sh} BT}{2\omega^2 Q \operatorname{sh} Bt + v_{\text{Вых}} F_{\text{Вых}} [\operatorname{sh} B(T-t) - \operatorname{sh} Bt]}, \quad (9)$$

$$v(t) = (\operatorname{ch} Bt - \operatorname{sh} Bt \operatorname{ch} BT) \frac{F_{\text{Вых}} v_{\text{Вых}}}{F_0} + v_{\text{Вых}} \frac{\operatorname{sh} Bt}{\operatorname{sh} BT}. \quad (10)$$

Согласно уравнению (10) получаем:

$$y(t) = \frac{1}{B} (\operatorname{sh} Bt - \operatorname{ch} Bt \operatorname{ch} BT) \frac{F_{\text{Вых}} v_{\text{Вых}}}{F_0} + \frac{1}{B} v_{\text{Вых}} \frac{\operatorname{ch} Bt}{\operatorname{sh} BT}.$$

Длина насадки l определяется из условия при

$$Ty(t=T) = l.$$

Тогда

$$l = \left(\operatorname{sh} BT - \frac{\operatorname{ch}^2 BT}{\operatorname{sh} BT} \right) \frac{F_{\text{Вых}} v_{\text{Вых}}}{F_0 B} + \frac{v_{\text{Вых}} \operatorname{ch} BT}{B \operatorname{sh} Bt} + \frac{F_{\text{Вых}} v_{\text{Вых}}}{BF_0} \operatorname{ch} BT - \frac{v_{\text{Вых}}}{B \operatorname{sh} BT}. \quad (11)$$

Выражение (9) представляет собой профиль продольного сечения насадки. Изменения скорости в любом сечении насадки определяются по формуле (10). Результаты расчета по

формулам (9) и (10) для конкретных случаев ($Q = 0,04 \text{ м}^3 / \text{ч}$; $F_{\text{Вых}} = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$; $B = 198 \text{ с}^{-1}$; $v_{\text{Вых}} = 70 \text{ м} / \text{с}$) показаны на рис 1. и 2.

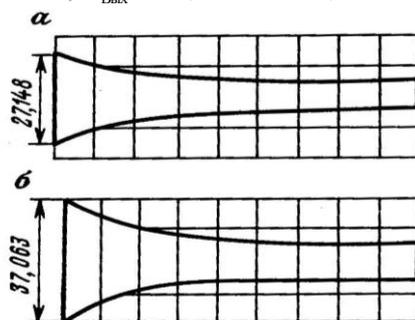


Рис. 1. Профиль насадки: а, б – при коэффициенте расхода 0,75 и 1 соответственно.

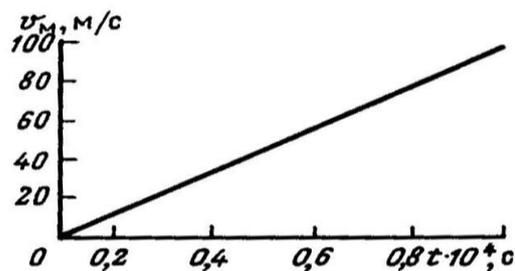


Рис. 2. Изменения механической скорости бурения во времени для различных профилей насадок.

Таким образом, установленные оптимальные профили насадок обеспечивают минимальные местные сопротивления и максимальный коэффициент расхода ($\omega = 1$). Это видно из рис. 2, где скорость в любом сечении насадки изменяется равномерно, увеличиваясь по длине, что подтверждает экспериментальные данные зарубежных исследователей.

Литература

1. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко.–М.: Наука, 1983.–390 с.
2. Черепанов Г. П. Механика разрушения горных пород в процессе бурения.–М.: Недра, 1987.–308 с.
3. Башлыг С. М., Загибайло Г. Т. Бурение скважин.–М.: Недра, 1983.–447 с.
4. Крылов К. А., Стрельцова О. А. Повышение долговечности и эффективности буровых долот.–М.: Недра, 1983.–206 с.

Поступила 09.06.10

УДК 622.24.051

Н. А. Бондаренко, д-р техн. наук, **Д. Л. Коростышевский**

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

РЕЗУЛЬТАТЫ ОТРАБОТКИ ДОЛОТ И БУРИЛЬНЫХ ГОЛОВОК ИСМ АП НА ПЛОЩАДЯХ ХРЕСТИЩЕНСКОГО УБР

Results of working off of drilling bits and the core-drilling bits of cutting type equipped diamond laminas of various dimension type. Their high working capacity in comparison with the russian and foreign analogues is affirmed.

Освоение и интенсивная разработка нефтяных и газовых месторождений связаны с использованием высокоэффективного бурового инструмента. Такой инструмент должен быть износостойким для обеспечения высоких показателей проходки, применяться для бурения широкого спектра пород по характеристикам твердости и абразивности, а также повышать механическую скорость бурения по сравнению со стандартным применяемым инструментом.

Этим требованиям отвечают буровые долота и бурильные головки режущего типа, оснащенные алмазно-твердосплавными пластинами (АТП), изготавливаемые в Институте сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины (ИСМ).