



УДК 622.24.06

**ИЗУЧЕНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ СКОРОСТЬЮ БУРОВОГО РАСТВОРА
В КОЛЬЦЕВОМ ПРОСТРАНСТВЕ И СКОРОСТЬЮ СДВИГА**



**A STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN DRILLING FLUID VELOCITY
IN ANNULAR SPACE AND SHEAR RATE**

Мовлаев Афшаран Ибрагим оглы
докторант,
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности
elena_drill@mail.ru

Movlaev Afsharan Ibrahim oglu
Graduate Student,
Azerbaijan State Oil and Industry University
elena_drill@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрены формулы отражающие зависимость между скоростью течения бурового раствора в кольцевом пространстве и скоростью сдвига. Рассмотрены формулы, показывающие связь между скоростью потока в кольцевом пространстве и скоростью сдвига.

Annotation. The paper considers formulas reflecting the relationship between the flow rate of the drilling fluid in the annular space and the shear rate. Formulas showing the relationship between the flow rate in the annular space and the shear rate are considered.

Ключевые слова: реология, скорость в кольцевом пространстве, скорость сдвига, буровой раствор, расход, очистка скважины, устойчивость скважины.

Keywords: rheology, annular velocity, shear rate, drilling fluid, flow rates, hole cleaning, hole stability.

Как известно, буровой раствор закачивается в пробуренную скважину через бурильную трубу с помощью бурового насоса на буровой установке. Буровой раствор под давлением проходит через бурильную трубу и выходит из нижней части колонны через насадки, расположенные на бурильном долоте. Насадка на долоте, как правило, мала (около 0,25 дюйма в диаметре), что вызывает еще большее давление бурового раствора и приводит к высокоскоростным и турбулентным струям ниже насадок. Высокая скорость и турбулентность важны для отрыва шлама от забоя скважины, так что буровое долото может свободно бурить породу.

Затем буровой раствор уносит буровой шлам от дна вверх по кольцевому пространству, чтобы впоследствии их можно было удалить на поверхности. По мере продолжения транспортировки шлама возникает трение и увеличивается диаметр кольцевого пространства, что приводит к снижению скорости потока, идущего вверх по кольцевому пространству. Следовательно, скорость и турбулентность являются самыми высокими на дне скважины и постепенно уменьшаются при движении вверх по кольцевому пространству к поверхности. Приведенная ниже таблица показывает, что кольцевая скорость и реология бурового раствора являются двумя основными переменными в процессе очистки скважины.

Таблица 1 – Основные параметры, влияющие на промывку скважины

Параметры для очистки (транспортировки) отверстий	Главные	Второстепенные
Скорость в затрубном пространстве	+	
Реология раствора	+	+
Очистка ствола и долота	+	
Размер шлама, форма, плотность		+
Вес раствора		+

Основное правило заключается в том, что для эффективной очистки и стабильности отверстия кольцевая скорость должна составлять от 18 м/с до 36 м/с. Согласно формуле Комбса (1967), скорость в кольцевом пространстве может быть связана со скоростью сдвига:

$$\gamma = \frac{12V}{D_H - D_B},$$

где γ – скорость сдвига, c^{-1} ; V – скорость в кольцевом пространстве, фут/с; D_H и D_B – диаметры в фут.

С другой стороны, Уиллис и др. (1973) связывали скорости сдвига со скоростью из сопла по следующей формуле [1]:



$$\gamma = \frac{96v_n}{s},$$

где γ – скорость сдвига, c^{-1} ; v_n – скорость истечения из отверстий долота, фут/с; s – размер насадок, дюймы.

По данным этих двух формул скорости потока бурового раствора могут быть представлены скоростями сдвига. По мере того, как скорость v уменьшается при движении вверх по кольцевому пространству, точное представление скоростей может быть сделано с использованием подходящего диапазона скоростей сдвига в экспериментах.

Скорость в кольцевом пространстве также может быть рассчитана по следующей формуле:

$$v_k = \frac{1029.4N}{d_b^2 - d_n^2},$$

где v_k – скорость в кольцевом пространстве; N – производительность насоса; d_b – внутренний диаметр скважины; d_n – наружный диаметр компоновки.

Согласно Стифф-Робертсону (1976) [2], скорость потока в кольцевом пространстве связана со скоростью сдвига, основанной на выражении, приведенном ниже, которое аналогично уравнению Комбса (1967), но с добавлением двух переменных B и c :

$$\gamma = \frac{2B + 1}{3B} \times \frac{12v_k}{d_n - d_b} + \frac{c}{2B};$$

$$c = \frac{\gamma_{min}\gamma_{max} - \gamma^2}{2\gamma - \gamma_{min} - \gamma_{max}};$$

$$B = \frac{N \sum(PQ) - \sum P \sum Q}{N \sum P^2 - (\sum P)^2};$$

$$P = \log(\gamma + c);$$

$$Q = \log \tau.$$

Было установлено, что характеристики бурового раствора из нижней части скважины измерялись на вискозиметре от 300 до 600 об/мин, а характеристики бурового раствора, взятого вблизи поверхности, можно измерить при работе вискозиметра от 3 до 6 об/мин [3].

Литература / References

1. Willis H.C., Tomm W.R., Forbes R. Annular Flow Dynamics // SPE Drilling and Rock Mechanics Conference. – Austin, Texas, 1973.
2. Robertson R.E, Stiff Jr. H.A. (1976) An Improved Mathematical Model for Relating Shear Stress to Shear Rate in Drilling Fluids and Cement Slurries // SPE Journal. – 1976. – V. 16. – № 1. – P. 31–36.
3. Ayeni K., Osisanya S.O. Evaluation of Commonly Used Fluid Rheological Models Using Developed Drilling Hydraulic Simulator // Canadian International Petroleum Conference. – Alberta, Canada, 2004.