

10. Кулиев С. М. Гравийные фильтры для нефтяных скважин. – Баку: АН АзССР, 1949. – 146 с.
11. Муравьев И. М., Крылов А. П. Эксплуатация нефтяных месторождений – М.: Гостоптехиздат, 1949. – 766 с.
12. Пенкевич С. В., Тунгусов А. А. Методические указания по проектированию и сооружению скважин на воду. – М., 1998. – 48 с.
13. СНиП II \_ 31 \_ 74 / Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Госстрой СССР, 1974. – 162 с.
14. СНиП II \_ 31 \_ 74 / Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Строиздат, 1975. – 150 с.
15. Фоменко В. И. Подбор оптимальных параметров гравийно – засыпных фильтров дренажных и водозаборных скважин // Труды ЦНИИгоросушение. – 1970. – Вып. 12. – С. 61 – 70.

Поступила 11.06.17

УДК 622.24

**Р. А. Гасанов<sup>1</sup>, Т. Р. Керимова<sup>1</sup>; Ф. А. Рамазанов<sup>2</sup>; А .И. Зейналов<sup>3</sup>; Ш. С. Мусаев<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности*

<sup>2</sup>*Трест «Комплексные буровые работы ГНКАР»*

<sup>3</sup>*НИИ «Геотехнологические проблемы нефти и газа и химия»*

<sup>4</sup>*Бакинская Высшая школа нефти, Азербайджан*

## **РАЗРАБОТКА РЕГЛАМЕНТА НА РЕЖИМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОИЗВОДСТВА БУРОВЫХ РАБОТ**

*Разработан регламент на режимно-технологические факторы производства буровых работ, обеспечивающий качественную очистку призабойной зоны скважины. С этой целью моделируется маршрут движения промывочной жидкости через разработанную компоновку на участках подачи и выноса жидкости, соответственно по затрубному и центральному каналам. Путем использования и решения дифференциального уравнения процесса выноса продуктов бурения из призабойной зоны промывочной жидкостью получены зависимости для определения необходимого количества подаваемой в зону бурения жидкости, скорости и частоты вращения породоразрушающего инструмента, обеспечивающие качественную очистку призабойной зоны в процессе производства буровых работ.*

**Ключевые слова:** *призабойная зона, промывка, компоновка, вынос продуктов бурения, регламент, режимно-технологические факторы.*

На современном этапе для достижения высокого уровня добычи нефти и газа приходится осваивать месторождения, которые находятся на большой глубине. При бурении глубоких скважин приходится решать ряд сложных задач. Одна из них – эффективная очистка забоя от выбуренной породы. Длительность работы долота на забое, а также скорость проходки зависят от интенсивности удаления частиц выбуренных пород из зоны их разрушения. Низкое качество очистки призабойной зоны способствует повышению энергоемкости разрушения пород, а выбуренные их частицы путем абразивного повторного истирания и температурного воздействия на вооружение снижают ресурс работы породоразрушающих инструментов. Для улучшения очистки призабойной зоны от выбуренных пород разработана специальная компоновка [1], предназначенная для

разрушения пород и их удаления из призабойной зоны. При эксплуатации компоновки маршрут подачи промывочной жидкости, одним из назначений которой является промывка и очистка призабойной зоны от выбуренных пород, выгодно отличается от традиционного, т. е. подачи по центральному каналу и выноса шлама по кольцевому затрубному пространству. При эксплуатации такой компоновки предусматриваются:

- подача промывочной жидкости по центральному каналу;
- вывод ее в затрубное пространство до попадания на забой скважины;
- разветвление жидкости в затрубном пространстве;
- подачу одной ее части по затрубному каналу на забой скважины;
- вынос шлама из призабойной зоны по центральному каналу за счет дополнительного всасывающего на него воздействия;
- смешивание удаленного от забоя шлама с другой разветвленной частью промывочной жидкости и ускорение движения за счет увеличения кинетической энергии потока;

Вынос части породы в затрубное пространство и транспортирование его на поверхность.

Для разработки регламентов на режимные параметры рассматриваются 4-й и 5-й участки маршрута движения промывочной жидкости (рис. 1). Для решения поставленной задачи необходимо исследование кинематических параметров движения двухфазной среды на указанных участках ее маршрута.

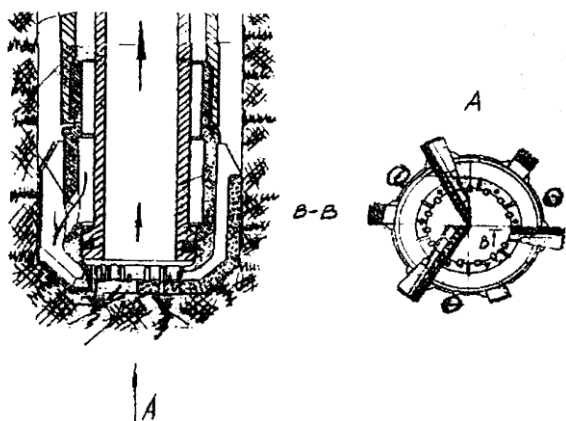


Рис. 1. Маршрут движения промывочной жидкости при подаче ее на забой скважины

С этой целью забойное пространство моделируется в виде полого цилиндра. Высоту цилиндра обозначим через  $\Delta h$ , внешний и внутренний радиусы лезвий долота – соответственно через  $R_2$  и  $R_1$ .

Уравнение неразрывности между двумя близкими цилиндрическими поверхностями, находящимися на текущем расстоянии  $r$  и  $r + dr$  от центра цилиндра в предположении, что раствор является несжимаемой жидкостью, может быть представлено как [2; 3]:

$$2\pi r \Delta h v(r) = 2\pi (r + dr) [v(r) + dv(r)] \Delta h, \quad (1)$$

где  $v(r)$  – скорость жидкости на расстоянии  $r$  от центра цилиндра;  $dv$  – дифференциальная скорость.

Для скорости частиц жидкости при  $r =$

$R_2$  после несложных преобразований получаем:

$$v = \frac{Q_2}{2\pi r \Delta h}, \quad (2)$$

где  $Q$  – расход рабочего агента, л/с.

Распределение давления  $P$  определяется на основе уравнения Бернулли

$$\frac{P}{\rho_{ж}} + \frac{v^2}{2} = \text{const}, \quad (3)$$

где  $\rho_{ж}$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

После интегрирования при  $r = R_2$ ;  $P = P_2$ , для  $P$  получаем:

$$P = P_2 - \frac{Q_2^2 \rho_{ж}}{2(2\pi \Delta h)^2} \left( \frac{1}{r^2} - \frac{1}{R_2^2} \right) \quad (4)$$

Далее исследуем размеры скальваемых частиц породы под действием сил на забое при обороте долота  $n$ . В процессе бурения сила сопротивления со стороны жидкости на частицы породы

$$F_{\text{сопр}} = \frac{\pi d^2}{4} \Delta p, \quad (5)$$

где  $\Delta p$  – перепад давления на забое скважины.

Из (4) получаем

$$\Delta p = \frac{Q_2^2 \rho_{\text{ж}}}{(2\pi\Delta h)^2} \frac{dr}{r^3} \quad (6)$$

Следовательно, с учетом (4) в (6) получаем

$$F_{\text{сопр}} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{Q_2^2 \rho_{\text{ж}}}{(2\pi\Delta h)^2} \frac{1}{r^3}. \quad (7)$$

Кроме силы сопротивления жидкости на частицы породы действует также сила трения,

$$F_{\text{тр}} = \gamma H f, \quad (8)$$

где  $\gamma$  – удельный вес раствора;  $H$  – глубина скважины;  $f$  – коэффициент трения.

Следовательно, дифференциальное уравнение движения частицы породы может быть представлено уравнением вида

$$m \frac{dV_{\text{чп}}}{dt} = -F_{\text{тр}} + F_{\text{сопр}}, \quad (9)$$

где  $m$  и  $V_{\text{чп}}$  – соответственно масса частицы породы и ее скорость;  $t$  – время.

После дифференцирования и несложных преобразований для скорости движения частицы породы окончательно получаем:

$$V_{\text{чп}} = \left( \frac{3Q_2^2}{2(2\pi\Delta p)^2} \cdot \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\Gamma}} \cdot \frac{1}{r^3} - \frac{6\gamma H - f \cdot n}{\pi \rho V_{\text{М}}^3} \right) \cdot t \quad (10)$$

Если время, в течение которого частицы перемещаются от внутренней цилиндрической поверхности забоя до внешней, т.е. на расстояние  $R_2 - R_1$ , обозначить через  $t_{\text{max}}$ , то из условия:

$$R_2 - R_1 = \int_0^{t_{\text{max}}} v(R_2, t) dt \quad (11)$$

с учетом (10), а также путем несложных преобразований получаем:

$$t_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2(R_2 - R_1)}{\frac{3Q_2^2}{2(2\pi\Delta h)^2} \cdot \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\Gamma}} \cdot \frac{1}{R_1^3} \cdot \frac{6\gamma H f n}{\pi \rho V_{\text{М}}^3}}} \quad (12)$$

Используя соотношение  $t_{\text{max}} \leq T = 1/n$ , определяющее условие выноса разбуренных частиц породы из призабойной зоны [4], из (12) определяем частоту вращения долота:

$$\left. \begin{aligned} n &\leq \frac{-b + \sqrt{b^2 + 8(R_2 - R_1)\alpha}}{4(R_2 - R_1)}, \\ \alpha &= \frac{3Q_2^2}{2(2\pi\Delta h)^2} \cdot \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\Gamma}} \cdot \frac{1}{R_1^3}; \quad b = \frac{6\gamma H f}{\pi \rho_{\Gamma} V_{\text{М}}^3} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Таким образом, для полноценной очистки забоя скважины количество оборотов долота должно удовлетворять условию (13). Для заданных значений числа оборотов долота и необходимое количество подаваемой жидкости за единицу времени определяется как:

$$Q_2 \leq \frac{\sqrt{2(R_2 - R_1)n^2 + an}}{k}, \quad (14)$$

где 
$$K = \frac{3Q_2^2}{2(2\pi\Delta h)^2} \cdot \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\Gamma}} \cdot \frac{1}{R_{\Gamma}^3};$$

Из полученных зависимостей следует, что при соблюдении условий (14) для улучшения очистки забоя скважины за счет уменьшения общих угнетающих усилий на выбуренные частицы породы необходимо разработать новый промывочный узел породоразрушающего инструмента.

В известных буровых долотах ДИР, включающих рабочий орган, состоящий из корпуса с промывочными каналами и лопастных исполнительных элементов, его промывочные каналы выполнены с возможностью доставки промывочной жидкости в зону бурения по маршруту, входная и выходная полости которых обычно смещены в плоскости, параллельной забою скважины, и повернуты на  $180^\circ$ .

Подобное исполнение траектории промывочных каналов, доставляющих промывочную жидкость на забой скважины по маршруту со смещением входа и выхода на  $180^\circ$ , обеспечивает значительное снижение усилий, угнетающих выбуренные частицы породы. В результате обеспечивается полноценная очистка забоя скважины от выбуренных пород и достигается высокая эффективность процесса бурения.

## Выводы

1. Для улучшения очистки забоя скважины путем снижения общих угнетающих усилий на выбуренные частицы промывочные каналы должны выполняться с возможностью доставки промывочной жидкости в зону бурения по маршруту, входной и выходной каналы которых смещены в плоскости, параллельной забою скважины, и повернуты на  $180^\circ$ .

2. Подобное исполнение траектории промывочных каналов, доставляющих промывочную жидкость на забой скважины по маршруту со смещением входа и выхода на  $180^\circ$ , обеспечивает значительное снижение усилий, угнетающих выбуренные частицы породы, чем достигается высокая эффективность процесса бурения.

*Розроблено регламент на режимно-технологічні чинники виробництва бурових робіт, що забезпечує якісне очищення привибійної зони свердловини. З цією метою моделюється маршрут руху промивної рідини через розроблену компоновку на ділянках подачі і виносу рідини, відповідно по затрубному та центральному каналах. Шляхом використання і рішення диференціального рівняння процесу виносу продуктів буріння з привибійної зони промивної рідиною отримані залежності для визначення необхідної кількості що подається в зону буріння рідини, швидкості і частоти обертання породоразрушаючого інструменту, що забезпечують якісне очищення привибійної зони в процесі виробництва бурових робіт.*

**Ключові слова:** привибійна зона, промивка, компоновка, винос продуктів буріння, регламент, режимно-технологічні чинники.

## DEVELOPMENT OF THE REGULATION ON THE REGIMENT-TECHNOLOGICAL FACTORS OF THE PRODUCTION OF DRILLING WORKS

*The regulations on the regime-technological factors of drilling operations are developed, which provides a qualitative cleaning of the bottomhole zone of the well. To this end, the flow path of the washing liquid is modeled through the developed layout in the areas of supply and removal of liquid, respectively, along*

*the annular and central channels. By using and solving the differential equation of the process of removal of drilling products from the bottomhole zone with drilling fluid, dependencies are obtained to determine the speed and required amount of fluid supplied to the drilling zone and speed of the rock cutting tool, which ensure a qualitative cleaning of the bottomhole zone in the drilling process.*

**Key words:** *bottom zone, washing, assembling, removal of drilling products, regulations, regime-technological factors*

### **Литература**

1. Пат. 99/00192 Аз. Р. Компонировка для разрушения и очистки пород призабойной зоны / Р. А. Гасанов, О. К. Мамедов, Г.Н. Меджидов и др. ГКНТ. – 2001. – № 1. – С. 12.
2. Байдюк Б. В. Физико-механические основы процессов бурения скважин. Обзорная информация. Сер. «Бурение газовых и газоконденсатных скважин». – М.: ИРЦ Газпром, 1993. – 77 с.
3. Басарыгин Ю. М., Булатов А. И., Проселков Ю. М. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. – М.: Недра, 2001 – 680 с.
4. Бревдо Г. Д., Гериш К. Оптимизация параметров режима бурения. – М.: ВНИИОЭНГ, 1980. – 60 с.

*Поступила 12.06.17*

УДК 622.24

**А. Н. Давиденко, д-р техн. наук, А. А. Игнатов, П. П. Полищук**

*Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»,  
г. Днепр, Украина*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ МЕХАНИКИ ДРОБОВОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН**

*Проанализированы состояние и перспективы развития техники и технологии дробового бурения. Рассмотрены особенности конструкции и принцип действия усовершенствованного дробового снаряда. Изучены вопросы механики разрушения горных пород дробовым буровым снарядом и влияния на него поверхностно-активных веществ, содержащихся в буровом растворе.*

**Ключевые слова:** *дробовой способ бурения, забой скважины, механизм разрушения, буровой раствор, поверхностно-активное вещество.*

### **Введение**

Дробовое бурение как разновидность вращательного метода исследовали в связи с необходимостью разрушения крепких горных пород высших категорий по буримости [1]. Дробовое бурение скважин во многом специфично, как относительно необходимых инструментов, так и технологии. Многие специалисты считают дробовое бурение устаревшей технологией, которую сменили более совершенные методы, в частности алмазное бурение. Вместе с тем конструктивные и технологические изыскания в указанной области позволяют утверждать, что при некотором усовершенствовании инструмента и режимных параметров перед дробовым способом открываются новые перспективы.

В соответствии с обозначенными условиями на кафедре техники разведки месторождений полезных ископаемых Национального горного университета разработали конструкцию, содержащую, как и базовая [2], коронку (видоизмененную), керноприемник и переходник.