

## **АНАЛИЗ РАБОТЫ ДОЛОТ PDC ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН**

**Сайдашев Ринат Рузельевич**

магистрант, кафедра бурения скважин Тюменский Индустриальный Университет, РФ, г. Тюмень

**Аннотация.** Целью данной статьи является анализ работы PDC при строительстве скважин.

**Ключевые слова:** PDC, долото, анализ, вооружение

При бурении новыми алмазными долотами - долотами типа PDC (polycrystallinediamondcutters - поликристаллические алмазные резцы) - обеспечивается большая механическая скорость проходки, как и сама проходка на долото по сравнению с бурением алмазными и трехшарошечными долотами при меньших энергетических затратах. При применении долот PDC разрушение породы осуществляется путем резания. Из всех основных механизмов разрушения горной породы резание является наиболее эффективным методом, потому что прочность на растяжение пород обычно меньше прочности на сжатие.

В условиях карбонатных пород чередуются породы V-IX категорий твердости. Присутствуют труднобуримые пропластки. Выпускаемые же долота PDC в основном предназначены для пород не выше VI категории буримости и средней, а также высокой абразивности [3]. Преимуществами долот PDC перед шарошечными долотами являются отсутствие в их составе подвесных элементов (деталей), высокая износостойкость и при этом самозатачиваемость за счет опережающего изнашивания твердосплавной матрицы по сравнению с износом алмазного слоя.

Долото PDC имеет высокую устойчивую механическую скорость бурения, что объясняется эффектом самозатачивания инструмента. Тем не менее в Восточной Сибири и Якутии в условиях карбонатных коллекторов и трещиноватых пород применяемые долота PDC показывают невысокую стойкость и прочность, выходят из строя.

В настоящее время в Сибири и Якутии для бурения нефтегазовых наклонно-направленных и горизонтальных скважин сплошным забоем широко применяются долота PDC почти всех ведущих производителей мира. Была проанализирована эксплуатация долота PDC на Талаканском, Верхнечонском месторождениях и Куюмбинской площади. Резцы PDC показали стойкое сопротивление абразивному износу и большую чувствительность к ударной нагрузке.

Рассматривались долота 220,7 FD 368-MH-A80-01; БИТ 292,9 В 716 УСМ; MDi 713NPX производства компании Smith. Режимы бурения: роторный способ при комбинированном бурении гидравлическим винтовым забойным двигателем с нагрузкой на долото 80-13 кН, частотой вращения 50-200 об./мин, расходе бурового раствора до 40 л/с и давлении 10-15 МПа. При бурении сложного и «неудобного» геологического разреза механическая скорость проходки и проходка на долото падают. Незначительная проходка, ограниченная опережающим износом вооружения, делала нерациональным применение долот PDC. При бурении наблюдался как механический, так и термомеханический износ резцов. Бурение окремненных участков, крепких доломитов, пород с вертикальной и субвертикальной трещиноватостью твердых и переслаивающихся пород приводит к многочисленным сколам на

резцах, отслаиванию и выкрашиванию алмазосодержащих пластин, слому и даже вырыванию режущих деталей.

При бурении скважин следует учитывать такие параметры, как тип горной породы и планируемый режим вращения долота. Замечено, что при бурении мягких пород и пород средней прочности происходит их резание, а при бурении твердых пород - хрупкое разрушение путем скалывания. Причем способ разрушения породы зависит не только от ее прочности, но и от таких параметров скважины, как температура и давление в ней [1, 5].

При хрупком скалывании порода разрушается с очень небольшой или нулевой деформацией. При пластическом разрушении порода упруго деформируется до предела текучести, после которого происходит пластическая деформация до разрыва. При бурении долотами PDC на резцы действуют вертикальная сила веса колонны и горизонтальная сила от ротора. Главными при этом являются приложенные касательные силы [6, 7].

Полученная равнодействующая сила определяет плоскость упора резца. В результате при бурении элемент породы сдвигается под определенным углом относительно плоскости упора резца, который зависит от прочности породы. Разбуриванию поверхностного слоя забоя помогает образующееся ядро сжатия на рабочей поверхности резца. Форма и размер ядра зависят от свойств горной породы и скорости воздействия на нее. На некоторых рабочих поверхностях резца долота после его поднятия на дневную поверхность можно увидеть неразрушенные наросты (ядра сжатия) в виде усеченного конуса с расширением к нижнему краю резца.

Именно наросты создают опережающее воздействие на породу, а затем уже передняя поверхность инструмента. Нарост создает трещины в ближайшей к резцу области породы. Трещины увеличиваются благодаря сдавливанию резцом. Происходит объемное разрушение породы по линиям сдвига и ее отброс в стороны от проложенной борозды с захватом отбуренной породы потоком раствора и вынос ее на поверхность.

В результате анализа подачи раствора на месторождениях при бурении рекомендуется подавать максимальное количество бурового раствора, не ограничивая его объем. Так, на Талаканском месторождении при бурении на скоростях 50-150 об./мин долотом PDC механическая скорость бурения была увеличена на 40-55 % при повышении расхода раствора с 32 до 40-50 л/с. При этом поднятое на поверхность долото и резцы были чистыми, без следов сальнико-образования. Для увеличения проходки на долото и улучшения управляемости рекомендуется применять резцы уменьшенного диаметра, до 12-13 мм, с увеличенным количеством гидромониторных насадок.

При работе с забойным двигателем для эффективности работы PDC рекомендуется, чтобы скорости потока бурового раствора были в верхнем диапазоне скоростей двигателя, так как работа со скоростями из нижнего диапазона приводит к ограничению нагрузки на долото и, соответственно, к уменьшению вращающего момента, что влияет на скорость проходки.

Как показывает опыт бурения с применением забойных двигателей, для использования долот PDC более эффективны забойные двигатели с высоким моментом вращения. Это особенно видно, когда скорости потока раствора и его давление на дневной поверхности ограничены. Для забойных двигателей с высоким моментом и низкой скоростью вращения рекомендуется иметь падение давления в диапазоне 4,1-5,5 МПа, для двигателей с более высокой скоростью вращения падение давления должно быть в диапазоне 7-8,3 МПа.

Для бурения с большим отклонением от вертикали общее падение давления при применении забойных двигателей рекомендуется в диапазоне 8,3- 10 МПа. Практический опыт показывает, что долото PDC работает лучше, если оно снабжено насадками для достижения высоких скоростей раствора. Высокое давление при этом не требуется. Скорости потока раствора для долот PDC с открытыми насадками должны превышать 35 л/с для ствола насадки в  $\hat{\text{дм}}$  и 45 л/с в А дм, конечно, с коррекцией в зависимости от литологии и типа бурового раствора. Кроме того, обильная подача раствора не дает повышаться температуре резцов выше 700 °С [10].

При достижении данной температуры резцы быстро изнашиваются из-за неравномерности теплового расширения между связкой (кобальтом) и алмазом. Поэтому при бурении твердых пород лучше использовать термостойкие резцы PDC. Их истирающее действие обеспечивает разрушение цементирующих веществ, связывающих отдельные зерна породы. Резцы с TSP (thermally stable polycrystalline - поликристаллические термостойкие) устойчивы до температуры 2100 °С [11, 12]. Для эффективной ориентации резцов относительно корпуса долота рекомендуется такое их расположение, при котором нагрузка на них во время эксплуатации создавалась бы только под действием сил сжатия.

Также важную роль для всего процесса бурения играет стабильность долота PDC. На забое долота совершают хаотичные движения, которые включают боковые, осевые и крутильные колебания, отмечающиеся отдельно и в комплексе. Забойные вибрации снижают срок службы отдельных резцов, они мешают контролю траектории скважины, создают ствол неправильной формы и невыдержанного диаметра.

На Талаканском месторождении долота PDC производства «Буринтех» и Steeringwhell применялись с активным калибрующим резцом, который обеспечивает агрессивную способность бокового резания из-за малых передних углов. При этом улучшилась управляемость в отношении изменения траектории движения, снизилось трение калибрующего вооружения о стенки скважины, уменьшились затыжки и реактивный крутящий момент. Предлагается влияние крутящего момента снизить уменьшением переднего угла резцов до  $-5$ - $-10^\circ$ , ограничить размеры резцов до диаметров 13-14 мм, а в качестве вспомогательных резцов применять гибридные резцы.

Для уменьшения прихвата-скольжения рекомендуется применять гибридные долота PDC с импрегнированными резцами на калибрующей части инструмента. Такие резцы будут ограничивать проникновение в породу стенок ствола и сглаживать резкие изменения крутящего момента. В настоящее время применяемые долота PDC имеют в качестве вооружения калибрующей части такие же резцы, как и резцы на забое. При колебании они выхватывают элементы породы стенки ствола скважины и этим создают ствол овальной формы и ненормативного диаметра. Балансировать долото PDC можно и с помощью конструктивных особенностей, например, создавая спиральные площадки калибрующего вооружения. Они будут снижать способность долота к боковому проникновению или долблению стенок скважины за счет увеличения кругового контакта. Создавая спиральные лопасти, приближается точка вращения долота к центру.

Таким образом, для долот PDC рекомендуется применение низкофрикционного калибрующего вооружения на одной стороне долота и размещение резцов таким образом, чтобы все неуравновешенные силы были в направлении калибровочного вооружения. Рекомендуется также для бурения наклоннонаправленных скважин применять долота общей короткой длины.

### **Список литературы:**

1. Абрамсон, М.Г. Справочник по механическим свойствам горных пород нефтяных и газовых месторождений / М.Г. Абрамсон, В.В. Байдюк., В.С. Зарецкий др. - М.: Недра, 1984. - 207 с.
2. Нескоромных В.В., Попова М.С., Парахонько Е.В. Разработка породо-разрушающего инструмента с резцами PDC // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 2. 131-138
3. Потапов О.А., Потапов А.Г. Определение эффективного времени работы долота // НТЖ Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на мо- ре.2000. № 8-9. С.8-11.
4. Абубакиров В. Ф., Буримов Ю. Г. Буровое оборудование: Справочник: в 2-х т. Т. 2. Буровой инструмент. - М.: ОАО «Издательство «Недра», 2003.